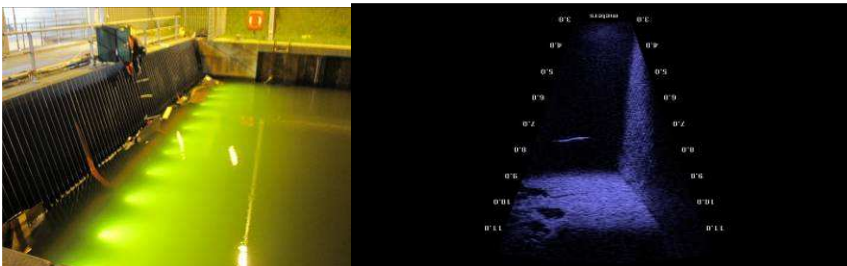


Gedrag van schieraal rond een viswering met stroboscooplampen bij gemaal IJmuiden. DIDSON metingen.

O.A. van Keeken, D. Burggraaf en H.V. Winter

Rapport C072.11



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Noord-Holland, Afdeling Advies (WSA)
Postbus 3119
2001 DC Haarlem

Publicatiedatum:

15 juni 2011

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68

1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	5
2. Kennisvraag.....	6
3. Methoden.....	7
3.1 DIDSON.....	7
3.2 Locatie en metingen.....	8
3.3 Meetdagen.....	9
3.3.1. Krooshek voor gemaal.....	9
3.3.2. Spuikoker.....	13
3.4. Analyse gegevens.....	16
4. Resultaten.....	17
4.1 Gedragsbeschrijving alen bij krooshek en visafweersysteem.....	17
4.2 Gedragsbeschrijving alen bij spuikoker.....	35
4.3 Visnet achter gemaal.....	40
5. Discussie en Conclusies.....	41
5.1 Effect visafweersysteem (stroboscooplampen) op het gedrag van aal.....	41
5.2 Verdeling van de alen in de spuikoker.....	42
5.3 Visnet achter gemaal.....	42
6. Kwaliteitsborging.....	43
Referenties.....	44

Samenvatting

Om de sterfte van uittrekkende schieraal in het gemaal van IJmuiden in het Noordzeekanaal te verminderen heeft Rijkswaterstaat Noord-Holland een meerjarig en multidisciplinair onderzoek uitgezet om effectieve maatregelen te kunnen nemen en te testen op effectiviteit.

In het najaar 2010 is bij het krooshek van één pomp aan de binnenzijde van het gemaal een visweringsysteem met stroboscooplampen van FishFlow Innovations geplaatst. In deze rapportage wordt het deelonderzoek gerapporteerd dat IMARES in het najaar van 2010 heeft uitgevoerd met een hoge resolutie sonar DIDSON. Deze techniek maakt het mogelijk om gedrag van schieraal bij nadering van het krooshek met de viswering zichtbaar en meetbaar te maken. De doelstelling van het onderzoek is om te bepalen of deze viswering effectief is in het afschrikken van schieralen die het gemaal benaderen.

Daarnaast zijn met de DIDSON opnames gemaakt bij de ingang van een spuikoker naast het gemaal om het gedrag en de verdeling over de diepte van via de sluisluizen uittrekkende schieraal te bepalen.

In totaal is gedurende 11 avonden met de DIDSON bij het krooshek met viswering bij het gemaal gemeten in combinatie met netvangsten aan de zeezijde van het gemaal. De netvangsten vallen buiten het bestek van deze rapportage. In totaal zijn 212 alen waargenomen met de DIDSON. Op drie avonden is afwisselend met een half uur lampen aan en uit gemeten met de DIDSON. Deze paarsgewijze experimenten lieten zien dat significant meer alen (minimaal een factor 10) het krooshek benaderden als de lampen uit waren dan wanneer de lampen aan waren. Ook zijn verschillen in gedrag gevonden. Binnen het zichtveld van de DIDSON was het percentage van de alen dat het krooshek passeerden met lampen aan nauwelijks anders dan met lampen uit (18%), was minder terugkeergedrag waarneembaar bij lampen aan dan uit (21 om 32%), meer voorlangs zwemgedrag (52 om 35%) en minder alen die uit het krooshek tegen de stroming in terugkeerden (9 om 15%).

In totaal zijn op vier avonden metingen met de DIDSON in de ingang van één spuikoker verricht. In totaal zijn 34 alen de spuikoker ingezwommen, waarbij iets grotere aantallen in het midden van de 6 meter hoge spuikoker zwommen dan bij de bodem of tegen het plafond. Over de gehele diepte zwommen een factor 1.7 meer alen in dan in de diepteklasse 0-1 m boven de bodem. Deze verschillen waren echter niet significant.

Geconcludeerd kan worden dat het toegepaste visweringsysteem met stroboscooplampen een duidelijk en significant afschrikwekkende werking heeft op schieraal en dat de gedragsrespons voornamelijk optreedt op een afstand buiten het zichtveld van de DIDSON bundel (op een schaal van minimaal enkele meters). In totaliteit lijkt een geringer deel van het aanbod het krooshek te passeren met lampen aan. Het onderzoek uit 2010 (en eerder onderzoek in 2009) met de lampen uit laat zien dat een deel van de schieraal een reeks gedragsresponsen laat zien: eerst veranderingen in zwem-mode; van vooruit zwemmend tot orollen of met de staart naar voren met de stroming mee laten driften en vervolgens terugkeergedrag waarbij tegen de stroming wordt ingezwommen. Deze gedragsresponsen kunnen worden gezien als reacties op opeenvolgende stimuli gerelateerd aan het gemaal: een in sterkte toenemend onnatuurlijk geluid, visuele prikkels bij het krooshek en ingang van het gemaal en fysiek contact bij het krooshek. De stroboscooplampen voegen hier duidelijk een extra prikkel aan toe die tot een gedragsrespons op afstanden groter dan enkele meters van het krooshek optreedt (waarschijnlijk resulterend in meer dan een factor 10 minder benaderingspogingen van alen van het krooshek). Hierdoor zal een geringer deel van het aanbod schieraal in het gemaal terecht komen dan zonder stroboscooplampen het geval is.

1. Inleiding

Het gaat niet goed met de Europese aal. Sinds de jaren 1960 zijn de vangsten gestaag afgenomen tot circa 25 % en de intrek van de jonge aal uit zee is afgenomen tot minder dan 1% van het vroegere niveau (Dekker, 2009). De afname van de aalstand wordt verondersteld verband te houden met een te kleine omvang van het paaibestand. Bij de achteruitgang van de aalstand spelen verschillende factoren een rol, die verband houden met migratiebarrières, de visserij, watervervuiling, het waterbeheer, etc. Het Europese Aalherstelplan is gebaseerd op een geïntegreerde aanpak: de verschillende factoren worden in verschillende (EU en nationale) wetgeving aangepakt. Voor het waterbeheer is de Kader Richtlijn Water (KRW) van belang, die per 2015 in de lidstaten een goed waterbeheer voorschrijft. Ook de watervervuiling wordt in de KRW aangepakt; hoewel ook hiervoor in 2015 maatregelen moeten zijn genomen, zullen de positieve effecten daarvan in veel gevallen langer op zich laten wachten. Juist omdat de invoering en uitwerking van deze maatregelen zoveel tijd vraagt, is het van het grootste belang dat al snel andere beschermende maatregelen worden genomen.

Voor de migratie van aal naar zee is het van belang dat de schieralen kunstwerken, zoals dammen, stuwen, gemalen, sluizen en waterkrachtcentrales, kunnen passeren. De passeerbaarheid van locaties met kunstwerken hangt af van het type kunstwerk, de richting waarlangs trekvissen naderen (stroomopwaarts of stroomafwaarts), lokale omstandigheden zoals afvoer en watertemperatuur en het gevoerde waterbeheer. Het zoekgedrag van de vis en de passeerbaarheid van een kunstwerk verschillen van vissoort tot vissoort en dikwijls hangen ze ook af van het levensstadium van de vis (Winter, 2009). Voor gemalen is op basis van zeer globale aannames berekend dat circa 91 ton per jaar aan vis schade optreedt, waarvan ongeveer een derde deel bestaat uit aal en twee derde uit schubvis (Kunst et al., 2008). De verschillende vormen van schade die samen gaan met het passeren van het gemaal worden veroorzaakt door botsing met de schoepen of andere bewegende of stilstaande delen, snelle drukverschillen, turbulentie en stroomsnelheid en cavitatie.

In andere studies bij waterkrachtcentrales is terugkeergedrag van schieraal bij nadering van turbines waargenomen (Behermann-Godel & Eckmann, 2003; Winter et al., 2006; Jansen et al., 2007). Dit gedrag kan door verschillende factoren worden veroorzaakt: de fysieke aanwezigheid van een krooshek (dat overigens met 10 cm tussenruimte goed passeerbaar is), of geluid van de turbine. Daarnaast is de stroomsnelheid van het water waar schieralen worden getriggerd tot terugkeergedrag van belang. Deze moet zo laag zijn dat de schieraal hier tegenin kan zwemmen. De stroomsnelheid bij het krooshek kan worden beïnvloed door het maalregime. Hierbij zijn vele optimalisatiescenario's mogelijk waarbij de verschillende pompen met verschillend volume kunnen malen.

In opdracht van Rijkswaterstaat is in 2009 onderzoek gedaan naar de passeerbaarheid van het gemaal in het Noordzeekanaal bij IJmuiden en vermindering van vis schade door aangepaste gemaalregimes. In 2010 is bij een krooshek voor het gemaal IJmuiden een visafweersysteem aangebracht, welke bestaat uit stroboscooplampen. Dit afweersysteem zou ervoor moeten zorgen dat alen bij het gemaal weggehouden worden en via andere wegen zoals de spuikokers of de scheepssluisen naar zee trekken.

In deze rapportage wordt onderzoek naar het gedrag van schieraal bij het krooshek van gemaal IJmuiden met het afweersysteem gepresenteerd. Tevens wordt het gebruik door aal van een spuisluis bij gemaal IJmuiden onderzocht. De waarnemingen werden verricht met een hoge resolutie sonar, DIDSON. De bedoeling van deze laatste meting is om in voorgaande jaren gedane schattingen over de aalpassage via de spuisluizen te kunnen verifiëren.

2. Kennisvraag

Kan via een visweringsysteem aal bij het gemaal weggehouden worden om op deze wijze de schade aan uittrekkende schieraal te beperken? In dit kader worden in dit rapport de volgende deelvragen gesteld;

1) is er verschil in aantallen aal die het krooshek benaderen of in gedrag van migrerende aal waar te nemen bij het wel of niet gebruiken van het visweringsysteem met stroboscooplampen?

2) indien schieraal de spuikoker gebruikt, hoe is de verdeling van alen hierover?

3. Methoden

3.1 DIDSON

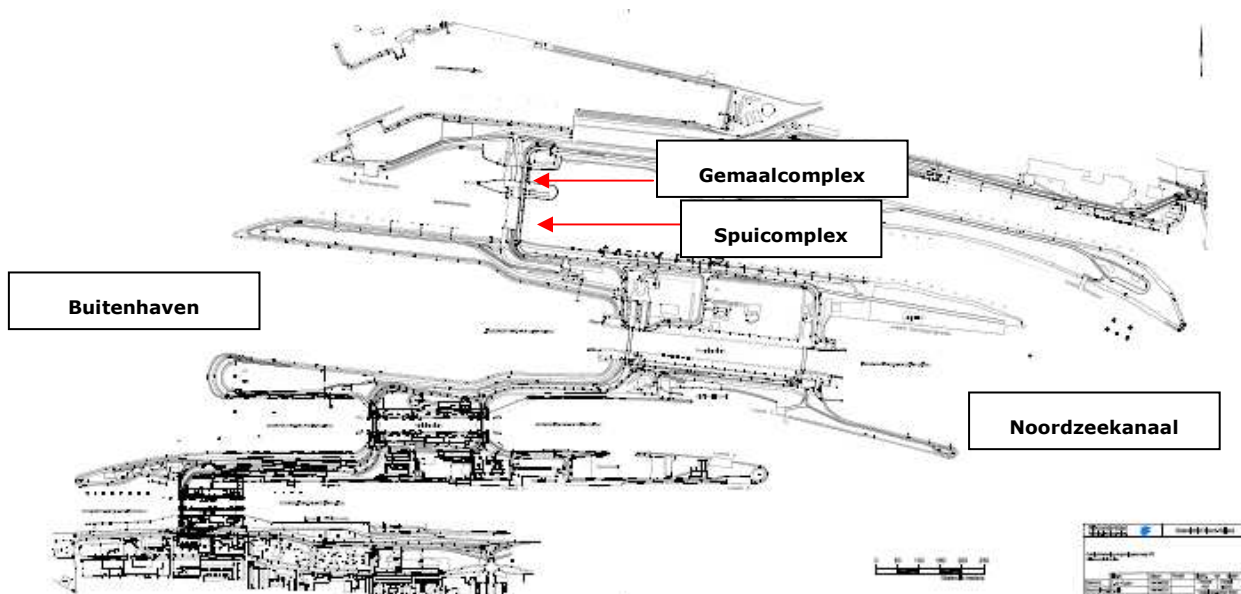
Voor het vaststellen van het inzwemgedrag van de vissen is gebruik gemaakt van de DIDSON (Foto 3.1). DIDSON staat voor "Dual frequency IDentification SONar" en is een hoge resolutie sonar die akoestiek (geluid) gebruikt om akoestische beelden te maken met veel meer detail dan conventionele sonars. Met de DIDSON bestaat de mogelijkheid beelden te maken van visgedrag nabij bijvoorbeeld sluisen, turbines of visnetten in troebel water of zelfs 's nachts. Het is mogelijk om vissen op soort te brengen en individuele lengtes van de vissen te meten. De DIDSON werkt op twee frequenties en kan beelden maken van objecten op een afstand tussen 1 m en 30 m van de DIDSON. De DIDSON kan met een kabel worden aangesloten op een computer en kan worden aangesloten op het elektriciteitsnet, zodat over een langere periode opnames gemaakt kunnen worden. Met deze computer kunnen instellingen van de DIDSON zoals bereik, aan en uitzetten van opnames etc. gestuurd worden. Analyse van de beelden wordt ter plekke gedaan met speciaal voor de DIDSON ontwikkelde software (Foto 3.1.1.).



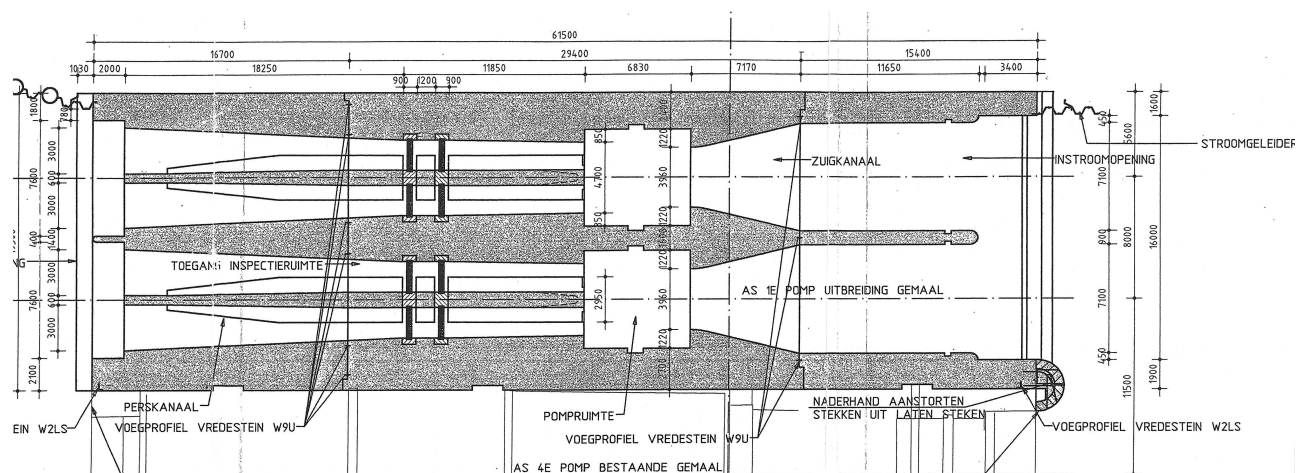
Foto 3.1.1. De DIDSON (links) en analyse van de DIDSON-beelden tijdens het meten (rechts).

3.2 Locatie en metingen

Het spui- en gemalencomplex bij IJmuiden (Figuur 3.2.1) voert overtollig water af van het Markermeer, het Amsterdam-Rijnkanaal, het Noordzeekanaal en de omliggende gebieden. Het oude deel van het gemaalcomplex bevat vier pompen (1 t/m 4) en is in 2004 aan de noordzijde uitgebreid met twee extra pompen 5 en 6 (Figuur 3.2.2). Het toerental van deze laatste twee pompen is traploos te verstellen. Voor deze studie is het gedrag onderzocht van uittrekkende schieraal voor het krooshek van gemaalpomp 5. Het krooshek bevindt zich een twintigtal meters voor het gemaal en beschermt de gemaalpomp tegen groot vuil dat met het water meegevoerd wordt. Het krooshek staat in een hoek van 15 graden, de spijlen hebben een onderlinge tussenruimte van 15,1 cm met een spijldikte van 1,6 cm en de bodem van de maalkoker ligt op -8,2 m NAP (peil van het Noordzeekanaal is circa. NAP -0,4 m). De ruimte tussen het krooshek en de pompingang is voor de oude pompen afgesloten van die voor de nieuwe pompen.



Figuur 3.2.1. Sluiscomplex in het Noordzeekanaal bij IJmuiden met het spui- en gemaalcomplex. Totale lengte maatlat rechtsonder is 250m.



Figuur 3.2.2. Bovenaanzicht van gemaalpompen 5 en 6.

3.3 Meetdagen

3.3.1. Krooshek voor gemaal

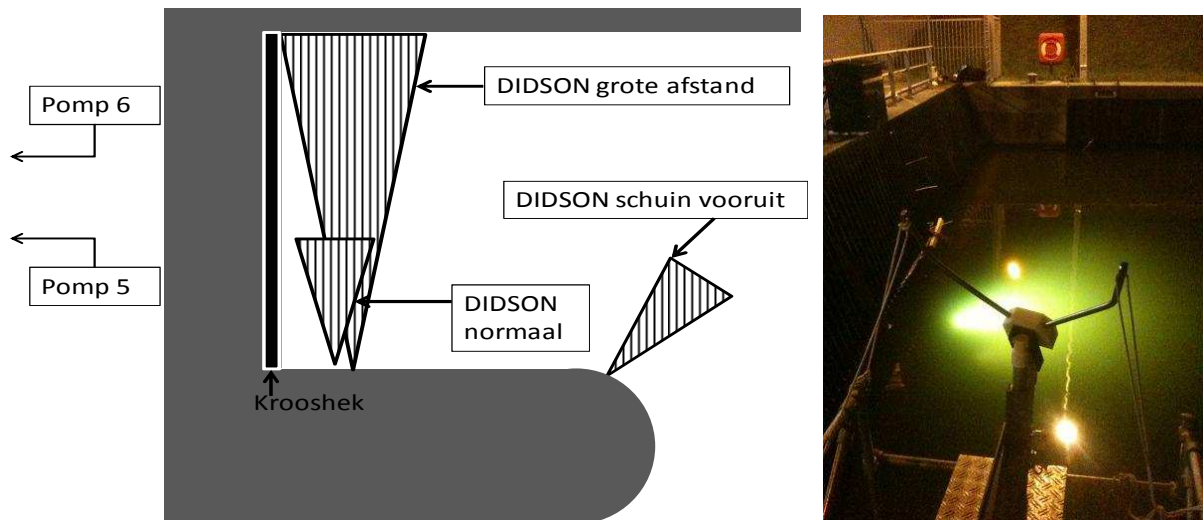
Gedurende 11 dagen is met de DIDSON gekeken hoe uittrekkende schieralen voor het krooshek van gemaal pomp 5 (Figuur 3.3.2, 3.3.2, 3.3.3) reageerden op het visafweersysteem (Foto 3.3.1.) Voor het krooshek bij pompen vijf en zes is een frame geplaatst met 12 rijen lampen. Elke lampenrij bestond uit 6 lampenunits. Elke lampenunit is 20 Watt, 24 Volt en was voorzien van 12 ledlampen. De lampen flikkerden onafhankelijk van elkaar in een willekeurige volgorde met een frequentie van 1 flits per seconde. De horizontale afstand tussen lampen is 1,35 meter, de afstand tussen de lampenbuizen is 1,1m.

Op alle dagen zijn opnames op dezelfde manier gemaakt als in 2009, met de DIDSON schuin naar beneden gericht langs het krooshek voor pomp 5, welke op vol vermogen draaide. Echter is in 2010 gebruikt gemaakt van het visafweersysteem, dat aan en uit kon staan. De eerste twee dagen zijn ook opnames gemaakt met de DIDSON langs het krooshek over een grotere afstand en zijn opnames gemaakt met de DIDSON schuin naar voren gericht richting het Noordzeekanaal.

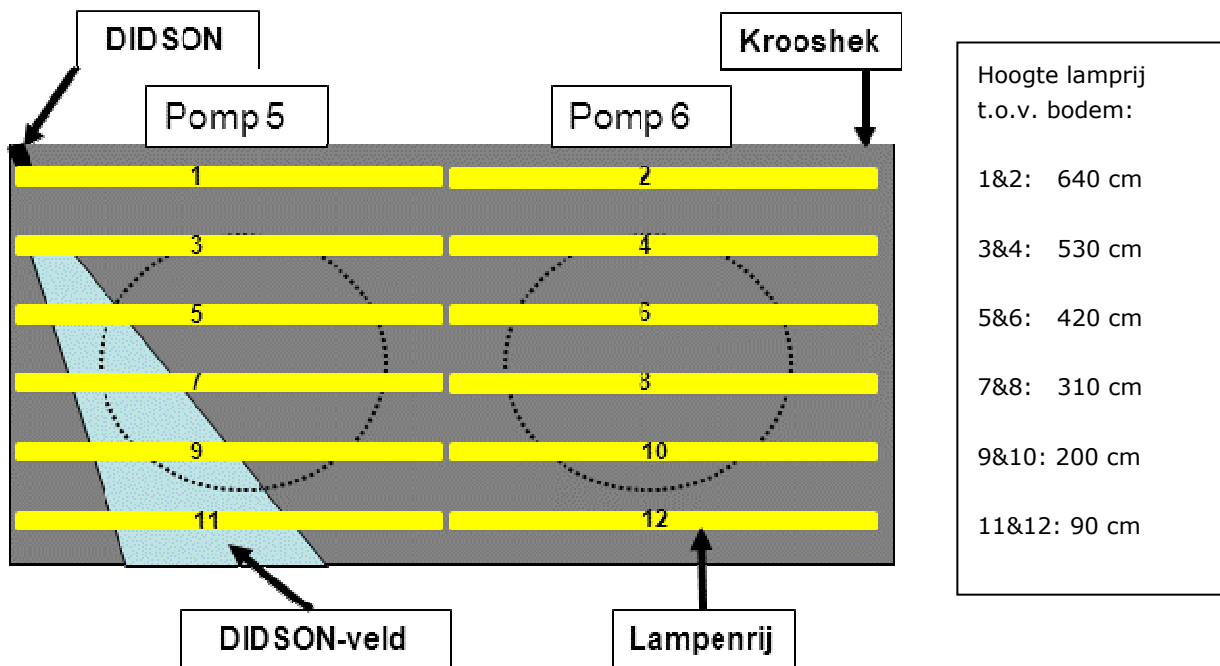
Achter het gemaal hing tevens gedurende de meetreeks een groot net om vissen op te vangen die door het gemaal heen gingen. Op 8 december is dit net vanaf de kant kort met de DIDSON bekeken en op 13 december is met de DIDSON langs het net gevaren om te zien of vissen eventueel de mogelijkheid hadden het net vanaf te zijkant in te zwemmen of te verlaten. De rapportage van de netvangsten vallen buiten dit rapport.



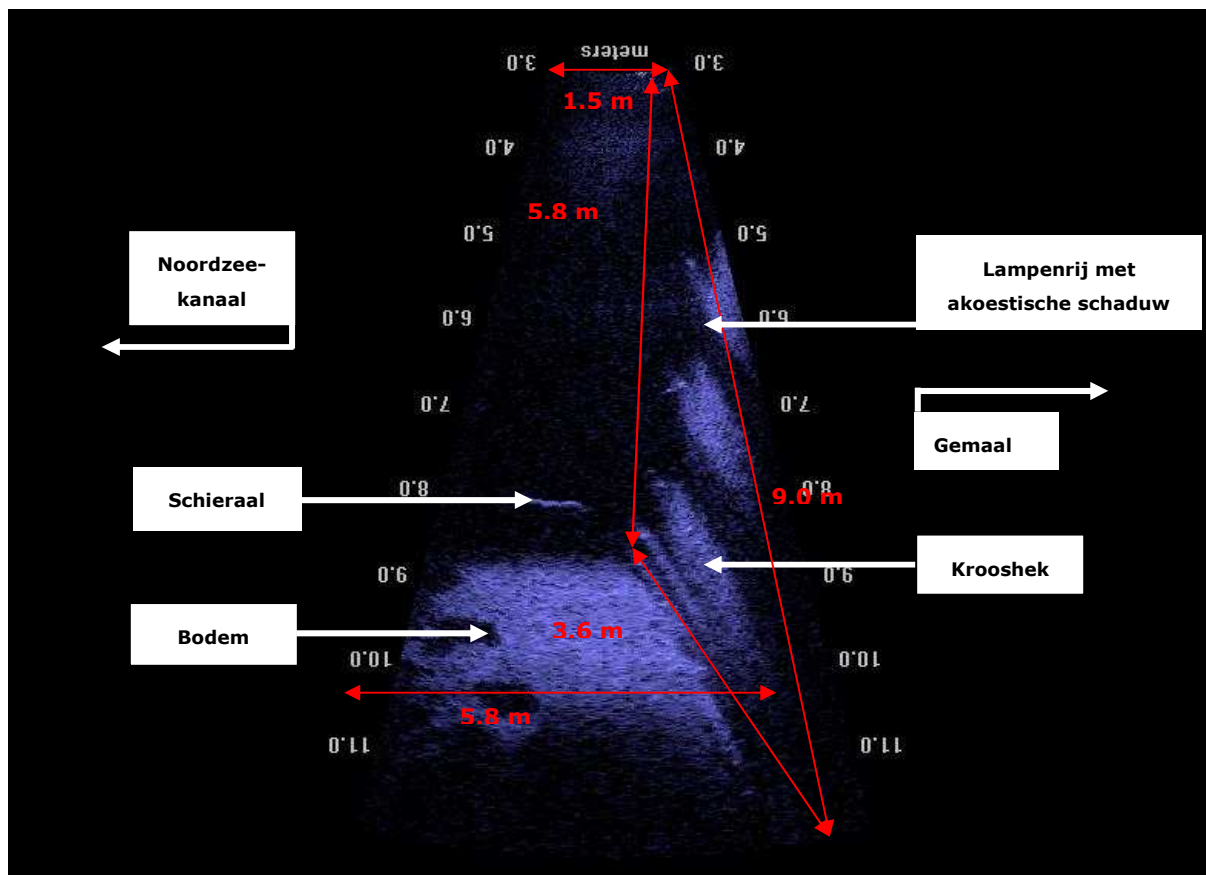
Foto 3.3.1 Het frame met de stroboscooplampen boven water (links) en een close-up van een lamp met 12 ledlichten (rechts).



Figuur 3.3.1. Schematische weergave van de verschillende posities van de DIDSON (links) en de DIDSON bij het werkende visafweersysteem voor het krooshek (rechts).



Figuur 3.3.2. Schematische weergave van het veld van de DIDSON voor het krooshek van pomp 5 met de 12 lampenrijen. Cirkels geven de locatie van de achterliggende gemaalpompen aan.



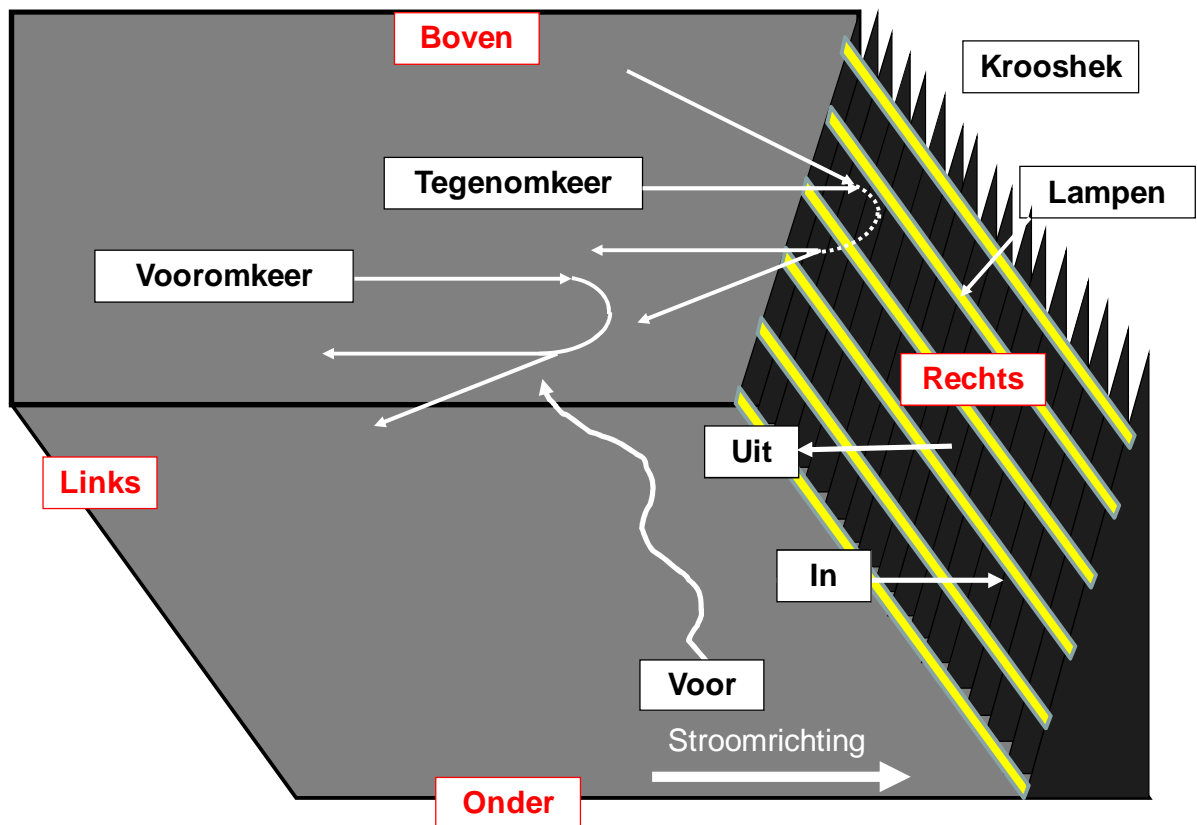
Figuur 3.3.3. Beeld van de DIDSON met een uittrekkende schieraal midden en het krooshek met de lampenrijen rechts in beeld. Dimensies van het beeld zijn in rood met pijlen weergegeven.

Het gedrag van de uittrekkende schieraal bij het krooshek is aan de hand van de beelden verkregen gedurende de meetdagen ingedeeld naar vijf type gedragingen (Figuur 3.3.4):

- IN: Het krooshek inzwemmen en vervolgens niet meer uit het krooshek komen.
- UIT: Het krooshek uitzwemmen zonder dat is vastgesteld dat de aal kort daarvoor het krooshek is ingezwommen (waarschijnlijk buiten het zicht van de DIDSON-bundel gebeurd).
- VOOR: Voor het krooshek langs zwemmen zonder zichtbare verandering in beweging als reactie op aanwezigheid van het krooshek.
- TEGENOMKEER: Richting het krooshek zwemmen of drijven, in aanraking komen met het krooshek en wegzwemmen van het krooshek.
- VOOROMKEER: Richting het krooshek zwemmen of drijven, voor het krooshek een zichtbare respons op het krooshek en wegzwemmen van het krooshek.

Bij de metingen waarbij de DIDSON schuin naar voren richting het Noordzeekanaal gericht werd, zijn in plaats van IN en UIT twee andere type gedragingen opgenomen:

- HEEN: Zwemmend richting het krooshek
- WEG: Zwemmend weg van het krooshek



Figuur 3.3.4. Overzicht van de mogelijke bewegingen van de uittrekkende schieralen rond het krooshek.

De diepte waar de alen zwommen is gemeten per 10 cm en wordt aangegeven met vier richtingen:

M: Continu in de waterkolom (≥ 1 meter tot de bodem)

M_B: Van de waterkolom naar de bodem

B: Continu op of nabij (< 1 meter) de bodem

B_M: Van de bodem naar de waterkolom

De plaats waar de alen in of uit het beeld van de DIDSON zwommen is verdeeld in:

Rechts: Krooshek

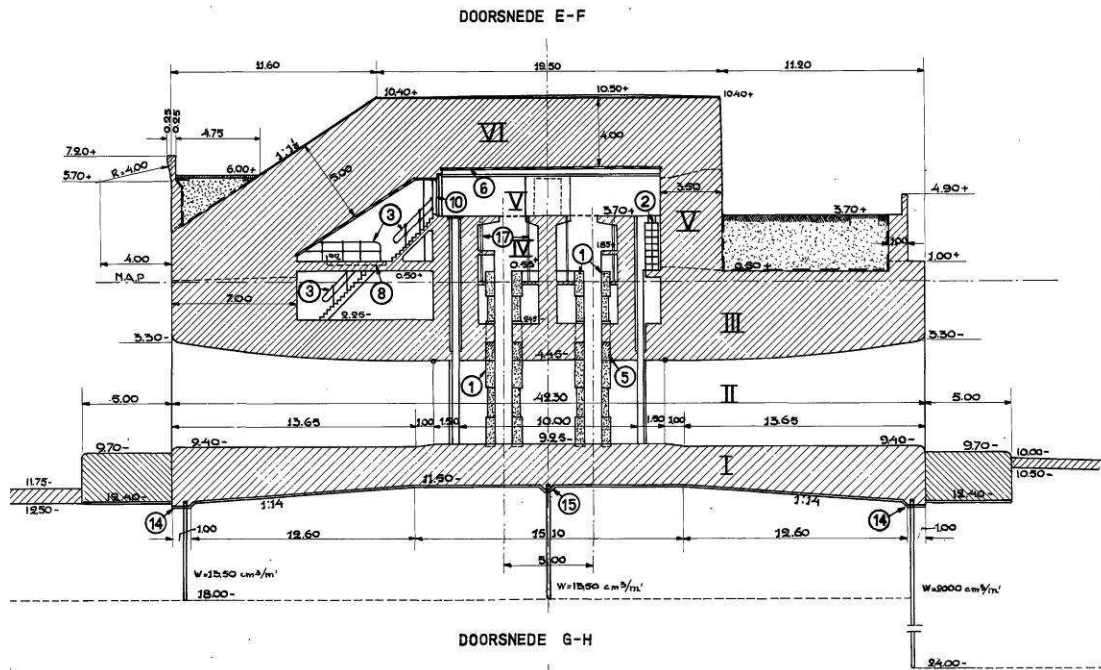
Boven: richting scheidingsmuur tussen pomp 4 en 5

Links: Noordzeekanaal

Onder: richting pomp 6

3.3.2. Spuikoker

Naast opnames bij het gemaal is tevens vier dagen bij spuikoker 7 geobserveerd hoe schieralen reageerden op de spuikoker (Figuur 3.3.5) en op welke hoogte de alen door de spuikoker zwommen.



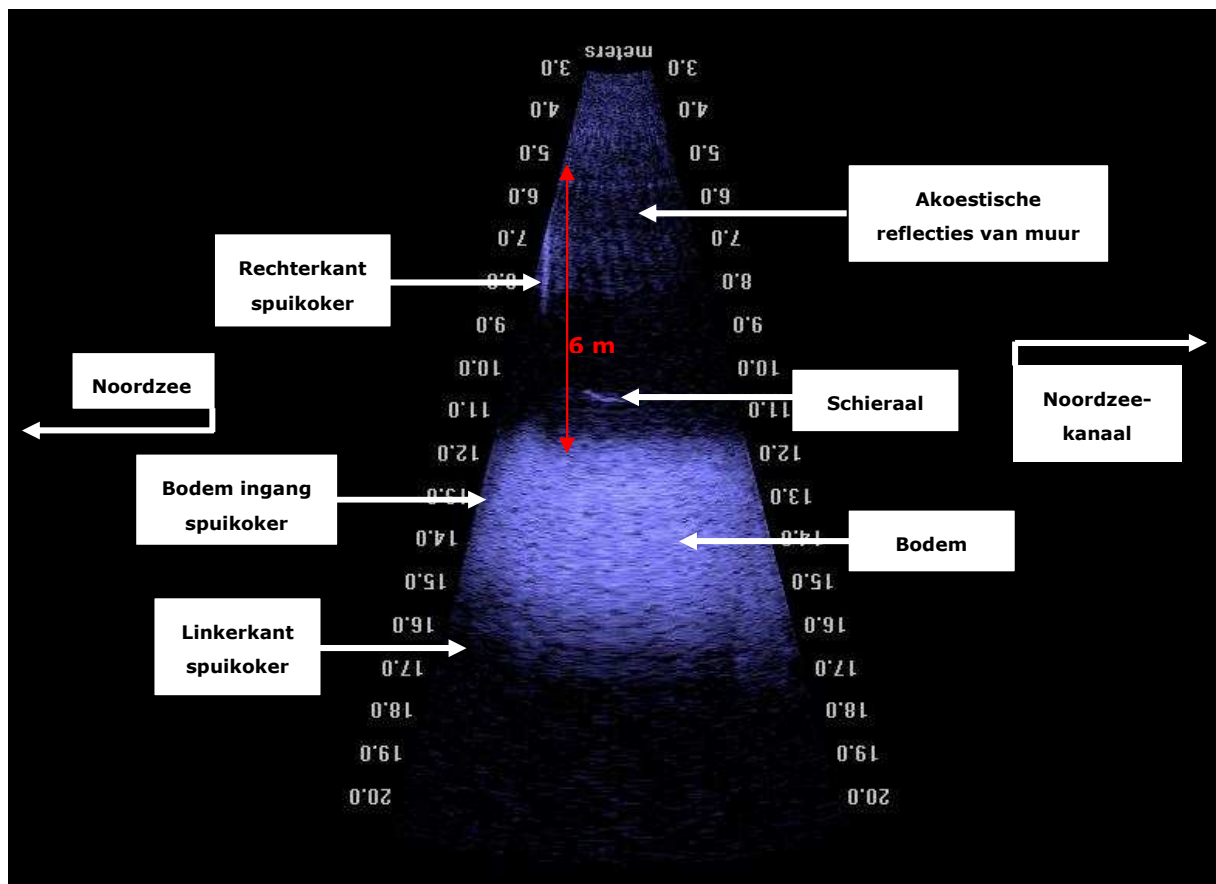
Figuur 3.3.5. Doorsnede van een spuikoker bij gemaal en spuikcomplex IJmuiden.

Het gedrag van de uittrekkende schieraal bij de spuikoker (Figuur 3.3.6) is aan de hand van de verkregen beelden gedurende de meetdagen ingedeeld naar drie type gedragingen (Figuur 3.3.7):

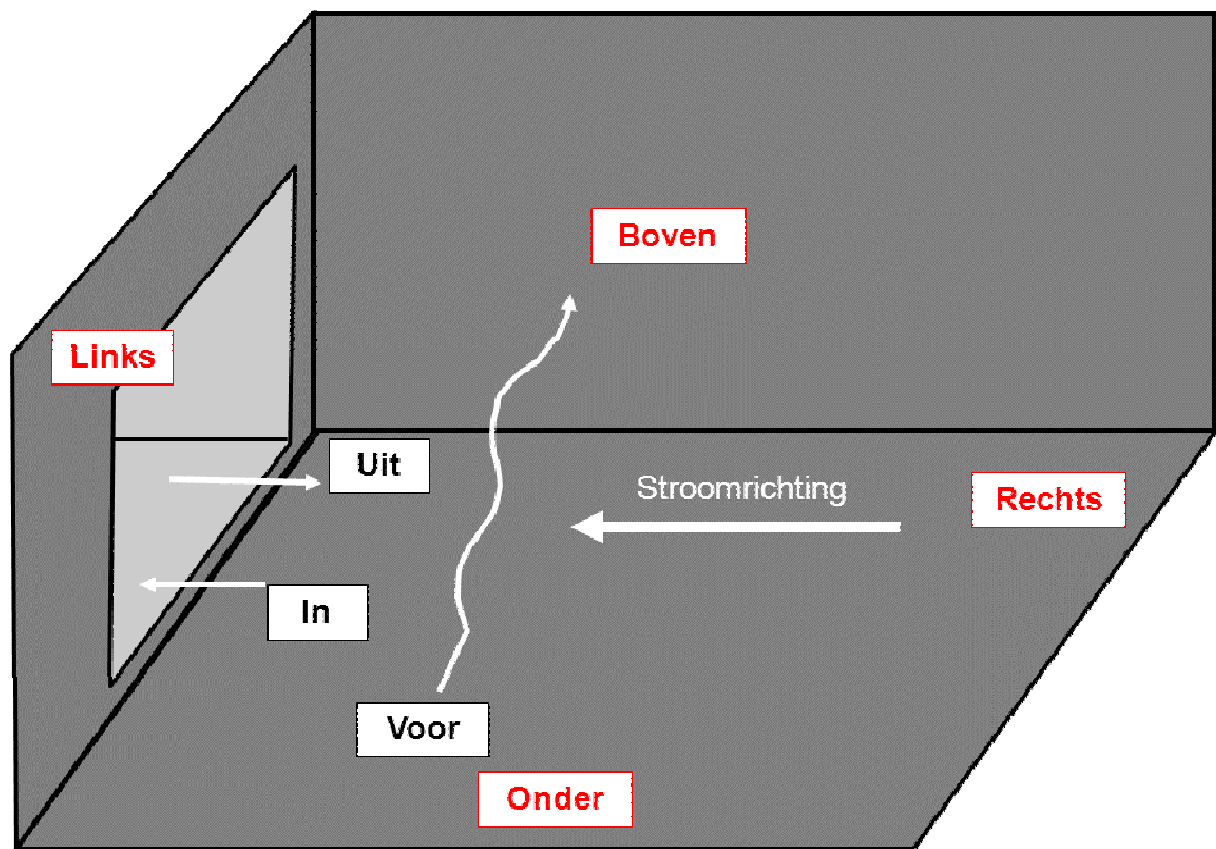
IN: De spuikoker inzwemmen en vervolgens niet meer uit de spuikoker komen.

UIT: De spuikoker uitzwemmen zonder dat is vastgesteld dat de aal de spuikoker is ingezwommen

VOOR: Voor de spuikoker langs zwemmen zonder zichtbare verandering in beweging als reactie op aanwezigheid van de spuikoker.



Figuur 3.3.6. Beeld van de DIDSON met een uittrekkende schieraal midden en de spuikoker links in beeld. Dimensies van het beeld zijn in rood met pijlen weergegeven.



Figuur 3.3.7. Overzicht van de mogelijke bewegingen van de uittrekkende schieralen rond de spuikoker.

De plaats waar de alen in of uit het beeld van de DIDSON zwommen is verdeeld in:

Links: Spuikoker

Boven: richting kademuur

Rechts: Noordzeekanaal

Onder: richting overige spuikokers

3.4. Analyse gegevens

De paarsgewijze waarnemingen met de DIDSON bij het gemaal met alternerende stroboscooplampen een half uur uit en aan zijn op drie dagen uitgevoerd: 7, 14 en 15 december 2010. Het effect van de stroboscooplampen op de aantallen alen die het krooshek benaderen is getest met een 'pairwise t-test' (Sokal en Rolf, 1995). Hierbij zijn een tweetal datasets getest. De eerste dataset bevatte alle aal behalve die 'uit' het rooster tegen de stroom in zwommen. Deze alen kwamen van de andere kant dan waar de stroboscooplampen effectief zouden moeten zijn en werden derhalve niet meegenomen in de analyse. De tweede dataset die getest is bevatte alle alen behalve die 'uit' of 'voor' zwemmen. Van de alen die 'voor' zwemmen is niet bekend of deze op een andere plaats uit het rooster zijn komen zwemmen (weliswaar minder waarschijnlijk), of dat ze op een andere plaats buiten het zichtveld van de DIDSON het rooster hebben benaderd en toen zijwaarts tegen de stroom in het DIDSON veld inzwommen.

De verdeling van de alen die de spuikoker zijn ingezwommen over de diepte is na correctie voor de relatieve breedte van de DIDSON-bundel per diepte-klasse van 1 meter getest met regressie. De vraagstelling van de DIDSON-metingen van de diepteverdeling van inzwemmende alen is gerelateerd aan eerdere netvangsten in de spuikoker die alleen de diepteklasse 0-1 meter omvatte (Kruitwagen et al. 2009). Bij dit onderzoek is aangenomen dat de verdeling van de alen gelijkmatig was verdeeld over de totale diepte van 6 meter van de bodem tot het plafond van de spuikoker. Met de DIDSON metingen is geanalyseerd in hoeverre die aanname juist was en indien dit onjuist was, welke correctiefactor kan worden toegepast bij omrekening van de netvangsten in de onderste meter boven de bodem naar aantallen over de volledige diepte van de spuikoker. Bij de regressie-analyses zijn alleen de 'in' zwemmende alen meegenomen, waarbij lineaire, logaritmische en polynome regressies zijn uitgevoerd.

4. Resultaten

4.1 Gedragsbeschrijving alen bij krooshek en visafweersysteem

Tijdens de 11 avonden dat met de DIDSON gemeten is bij het krooshek, heeft het visafweersysteem voortdurend aan gestaan gedurende zes avonden (Figuur 4.1.1) en heeft tijdens drie avonden het visafweersysteem afwisselend aan en uit gestaan om verschil in aantallen het krooshek naderende aal te onderzoeken. Op de meetdagen stond alleen pomp 5 aan, met uitzondering van 15 november en 15 december, toen ook pomp 6 voor langere en kortere tijd heeft aangestaan (Tabel 4.1.1). Op 15 november is tijdens het malen ook gespuid. Op 8 december stond pomp 5 aan op halve kracht. Tijdens sommige meetdagen hebben enkele lampenrijen van het visafweersysteem niet gewerkt (Tabel 4.1.2). De glasbehuizing van sommige lampen waren niet bestand tegen de krachten die erop kwamen, waardoor de buis ging lekken en de lampen onder water kwamen te staan.

Tijdens de eerste meetavond op 15 november zijn verschillende posities van de DIDSON geprobeerd en is het visafweersysteem in werking gezet. De DIDSON heeft langs het krooshek op dezelfde afstand gestaan als gebruikt werd in 2009 (Van Keeken et al., 2010), evenals op grotere afstand. Deze grotere afstand resulteerde er echter in dat het grootste beeldveld van de DIDSON het krooshek voor pomp 6 bedekte en niet voor pomp 5. Daarnaast werd de kwaliteit van de beelden van de DIDSON op grotere afstand beduidend minder in vergelijking met de kortere afstand. Dit kwam mede doordat de DIDSON in deze stand maar de helft van de hoeveelheid geluidbundels kan gebruiken om een beeld te maken en tevens doordat het visafweersysteem zorgde voor een veelvoud van reflecties in het beeld. Besloten werd voor de overige metingen alleen de opnames van dichtbij te gebruiken. Daarnaast is tijdens de eerste twee meetdagen bekeken of beelden die iets verder van het krooshek af genomen waren een veelvoud aan alen op zouden leveren, die al ver voor het krooshek zich zouden afwenden hiervoor.

Tijdens de meetdagen zijn in totaal 212 bewegingen van alen waargenomen (Tabel 4.1.3). Met de opstelling van de DIDSON is het niet mogelijk om individuele alen door het gehele gebied te volgen, dus is het mogelijk dat een aal meerdere keer in beeld geweest is. Het aantal alen gezien per dag verschilde van 0 tot 59. Op 6 december is geen aal in beeld geweest van de DIDSON. Die dag waren de beelden van de DIDSON slecht te interpreteren door zeer matige beelden. In de resterende figuren in dit hoofdstuk wordt voor 6 december geen figuur meer opgenomen.

Op vijf dagen heeft het visweringsysteem aan en uit gestaan (Tabel 4.1.3 en 4.1.4). De eerste dag is na anderhalf uur met 38 aalbewegingen het visafweersysteem aangezet, waarna die meetdag met het visafweersysteem aan bij het krooshek nog één aal gezien werd. Gedurende de laatste drie dagen werden ook meer aalbewegingen gezien gedurende de periode met het visafweersysteem uitgezet in vergelijking met het visafweersysteem aan (Figuur 4.1.2).

Voor de vergelijking van de werking van het lichtframe worden alleen de dagen gebruikt dat het frame afwisselend aan en uit gestaan heeft om tot een zo zuiver mogelijke vergelijking te komen. Vergelijking van het aantal alen per uur gedurende vijf dagen met afwisselend het visafweersysteem aan en uit (Tabel 4.1.4, Figuur 4.1.3) laat een gemiddelde van 0.8 alen zien per uur in het beeld van de DIDSON met het visafweersysteem aan tegen 11.9 alen per uur met het visafweersysteem uit. Tijdens de dagen dat het lichtframe continu heeft aangestaan was het aantal alen per uur 8.6. Met het visafweersysteem aan werden geen alen gezien die het krooshek kwamen uitzwemmen of in de buurt van het krooshek omdraaiden (type gedrag "Vooromkeer" of "Tegenomkeer") tijdens avonden met alternerend lichtregime (Figuur 4.1.4). Tevens was het aandeel alen dat voor het krooshek zwommen ten opzichte van de andere gedragingen groter met het visafweersysteem aan dan uit.

Tijdens de meetdagen is van vijf meetdagen (22 november en 7, 8, 14 en 15 december) met zekerheid vastgesteld dat één of enkele lampenrijen niet functioneerden (Tabel 4.1.2). Van de alen die op deze dagen het krooshek inzwommen is vastgesteld bij welke lampenrij dit plaatsvond. Van de acht alen die tijdens deze dagen het krooshek inzwommen, deden drie alen dit bij een kapotte lamp (Tabel 4.1.5).

De lengtes van de alen varieerden van 45 cm tot 90 cm, met de meeste alen tussen de 65 cm en 80 cm lengte (Figuur 4.1.5). Vergelijking van de lengtes van alen tussen periode dat het visafweersysteem aan heeft gestaan met de periode dat het visafweersysteem uit stond op de dagen dat beide scenario's bekeken zijn is lastig, omdat maar weinig alen gezien zijn op het moment dat het visafweersysteem uit stond (Figuur 4.1.6a en b). Wel zijn gedurende deze perioden alen gezien tussen 55 tot 85 centimeter, wat uitsluit dat het visafweersysteem effect heeft op bepaalde lengtes van alen.

In de aantallen alen die gezien werden per uur was geen duidelijke piek op een bepaald uur voor alle meetdagen samen waarneembaar (Figuur 4.1.7). Sommige dagen werden de meeste alen gezien aan het begin van de meetreeks, zoals op 22 november en 7 december. Andere dagen was dit echter pas wat later op de avond, zoals op 29 november en 14 december.

Alen die het krooshek benaderden, doen dit op vier verschillende houdingen (Van Keeken et al. 2010), te weten het lichaam met de stroom mee, tegen de stroom in, zijwaarts zwemmend of het lichaam opgerold. Alen die het krooshek inzwommen, doen dit vooral met de stroom mee, maar laten ook andere zwemrichtingen zien (Figuur 4.1.8). Alen die voorlangs zwemmen, doen dit vooral tegen de stroom in, zowel in de periode met het visafweersysteem aan als uit. Bij het visafweersysteem zwemmen alen met type gedrag "Vooromkeer" en "Tegenomkeer" voornamelijk met de stroom mee, terwijl dit minder duidelijk waarneembaar is als het visafweersysteem aan staat.

De diepte waarop de alen het krooshek raakten, is gemeten als afstand van de bodem (Figuur 4.1.9). Hierbij is echter geen rekening gehouden met het verschil in oppervlakte van het krooshek dat in het beeld van de DIDSON te zien is. Met de opname van een correctiefactor voor de diepteklassering (correctiefactor: 1/oppervlakte van het krooshek op de desbetreffende diepte, gemeten in klassen van 1 meter), waarmee de absolute aantallen zijn vermenigvuldigd, is het relatieve aantal alen per diepte berekend. Daarnaast zijn deze aantallen gecorrigeerd voor de tijdsperiode dat gemeten is en omgerekend naar aantallen per uur (Figuur 4.1.10). Alen die het krooshek inzwommen, doen dit verspreid over verschillende dieptes. Alen die het type gedrag "Tegenomkeer" vertoonden, wat voorkwam tijdens vier meetdagen, kwamen drie van deze dagen met het krooshek in aanraking op beperkte afstand van de bodem (<3 m).

Alen die het beeld van de DIDSON inzwommen (Figuur 4.1.11), deden dit voor type gedrag "In", "Tegenomkeer", en "Vooromkeer" vooral vanaf het Noordzeekanaal (richting Links). Alen met gedrag "Voor" kwamen op sommige dagen zoals 27 november en 7 december het beeld van de DIDSON inzwommen vanaf het krooshekgedeelte richting pomp 6. Andere dagen was dit niet duidelijk te onderscheiden. Alen die type gedrag "Voor" vertoonden, zwommen vooral beeld van de DIDSON uit richting de scheidingswand tussen gemaal 4 en 5. Alen die het krooshek uitzwommen of omkeerden voor het krooshek of na contact met het krooshek, hadden geen duidelijke voorkeur voor een bepaalde richting bij het uit het beeld zwemmen van de DIDSON (Figuur 4.1.12).

Voor twee dataselecties: dataset met alle aal behalve de 'uit' zwemmende alen en een dataset met alle aal behalve de 'uit' en 'voor' het rooster zwemmende alen, zijn op 3 dagen paarsgewijze waarnemingen uitgevoerd bij het gemaal met de stroboscooplampen altemnerend een half uur aan en uit (Figuur 4.1.13).

In beide datasets is het aantal alen dat is waargenomen met de stroboscooplampen uit beduidend hoger dan met de lampen aan. Het gemiddelde aantal alen in de dataset exclusief het gedrag 'uit' was met stroboscooplampen uit een factor 11 hoger dan met stroboscooplampen aan en voor dataset exclusief 'uit' en 'voor' zelfs een factor 26 (Tabel 4.1.6). In beide datasets gaf de 'pairwise t-test' een duidelijk significant verschil met $p < 0.05$ te zien (Tabel 4.1.6).

Wanneer we de gedragingen van aal uit de DIDSON metingen uit 2010, onderverdeeld in situatie 'lampen aan' en 'lampen uit' vergelijken met de DIDSON metingen uit 2009 (alleen situatie 'lampen uit'), zien we dat het percentage van de alen die het krooshek 'in' zwemt niet wezenlijk verschilt tussen jaren en lampen aan of uit (figuur 4.1.14). Het percentage van de alen die omkeergedrag ('tegenomkeer' en 'voorumkeer' samen genomen) vertoonden, is geringer voor lampen aan dan lampen uit, al is de verhouding tussen 'tegenomkeer' en 'voorumkeer' wel verschillend tussen jaren en lampen aan of uit. Het percentage 'voor' is beduidend hoger bij lampen aan dan bij lampen uit. Het percentage 'uit' het krooshek zwemmende alen is geringer bij lampen uit dan bij lampen aan.

Tabel 4.1.1. Krooshek. Pomp- en spuitijden op de meetdagen en tijden dat de DIDSON opnames gemaakt heeft. De overige pompen stonden tijdens de meting uit. Pompcapaciteit 50 m³/s .

Meetdag	Pomp 5	Pomp 6	Spui	DIDSON meting
15-11	niet van 20:00- 21:00	21:00 - 22:50	17:10 - 20:10	17:20-23:30
16-11	20:50 - 00:50	0	17:30 - 21:40	20:45-23:30
22-11	17:30 - 23:30	0	09:40 - 14:20	17:30-23:15
29-11	19:10 - 00:00	0	14:10 - 18:10	19:45-23:45
30-11	21:00 - 23:50	0	14:20 - 21:10	21:00-23:30
01-12	23:00 - 00:30	0	14:30 - 22:00	22:55-00:15
06-12	13:40 - 22:40	0	10:30 - 14:00	17:30-23:30
07-12	17:20 - 22:20*	0	11:00 - 14:40	17:30-23:00
08-12	20:10 - 22:20**	0	11:50 - 15:10	20:10-22:10
14-12	19:40 - 23:20	0	13:40 - 19:50	19:40-23:05
15-12	19:40 - 23:20	19:40- 20:30***	16:00 - 20:20	20:00-23:00

* pomp 2 heeft aangestaan van 19:10 - 20:40 met ca. 40 m³/s

** capaciteit 25 m³/s

*** capaciteit tot 43 m³/s

Tabel 4.1.2. Krooshek. Metingen aan de werking van de lampen tijdens de meetdagen.

Datum	Meting	Uitgevallen lampenrij
15-11	DIDSON	Alles tussen niets stuk en lampenrij 9, 11 en 12
16-11	DIDSON	Alles tussen niets stuk en lampenrij 9, 11 en 12
17-11	Doormeten lampen	Lampenrij 9, 11 & 12
22-11	DIDSON & doormeten lampen	Lampenrij misschien 6, 7, zeker 10, 11 & 12
25-11	Doormeten lampen	Lampen gerepareerd, vermoedelijk geen lampen stuk
29-11	DIDSON	Geen
30-11	DIDSON	Geen
01-12	DIDSON & doormeten lampen	Mogelijk lampenrij 5
06-12	DIDSON	Mogelijk lampenrij 5
07-12	DIDSON & doormeten lampen	Lampenrij 5
08-12	DIDSON	Lampenrij 5
14-12	DIDSON	Lampenrij 5
15-12	DIDSON	Lampenrij 5

Tabel 4.1.3. Krooshek. Aantal alen per type gedrag per meetdag.

Datum	Gemaal	Tijd in uur	In	Uit	Voor	Voor-omkeer	Tegen-omkeer	Heen	Weg	Totaal
15-11	krooshek lampen aan	0.40			1					1
	krooshek lampen uit	1.35	2	6	15	14	3			38
	Didson naar voren	1.10			5	4		6	5	20
16-11	krooshek lampen aan	1.55	3			2				5
	Didson naar voren	0.30						1	1	2
22-11	krooshek lampen aan	5.50	5	4	34	3	8			54
29-11	krooshek lampen aan	3.58	4	5	6	2	6			23
30-11	krooshek lampen aan	2.30	3		5					8
01-12	krooshek lampen aan	0.50			1					1
	krooshek lampen uit	0.27	1							1
06-12	krooshek lampen aan	6.00								0
07-12	krooshek lampen aan	3.05	1		2					3
	krooshek lampen uit	2.20	6	2	13	4	6			31
08-12	krooshek lampen aan	2.00	1	1	4					6
14-12	krooshek lampen aan	1.53								0
	krooshek lampen uit	1.30	4	2	2	2				10
15-12	krooshek lampen aan	1.30	1							1
	krooshek lampen uit	1.30	3	3	1					7
	Totaal		34	23	88	31	23	7	6	212

Tabel 4.1.4. Krooshek. Totaal aantal alen (N totaal), aantal alen per uur (N/uur) en percentage (%) per type gedrag met het visafweersysteem aan voor alle dagen samen, de dagen dat het visafweersysteem enkel de hele avond heeft aangestaan en de dagen dat het visafweersysteem afwisselend aan en uit heeft gestaan (15 november, 1, 7, 14 & 15 december).

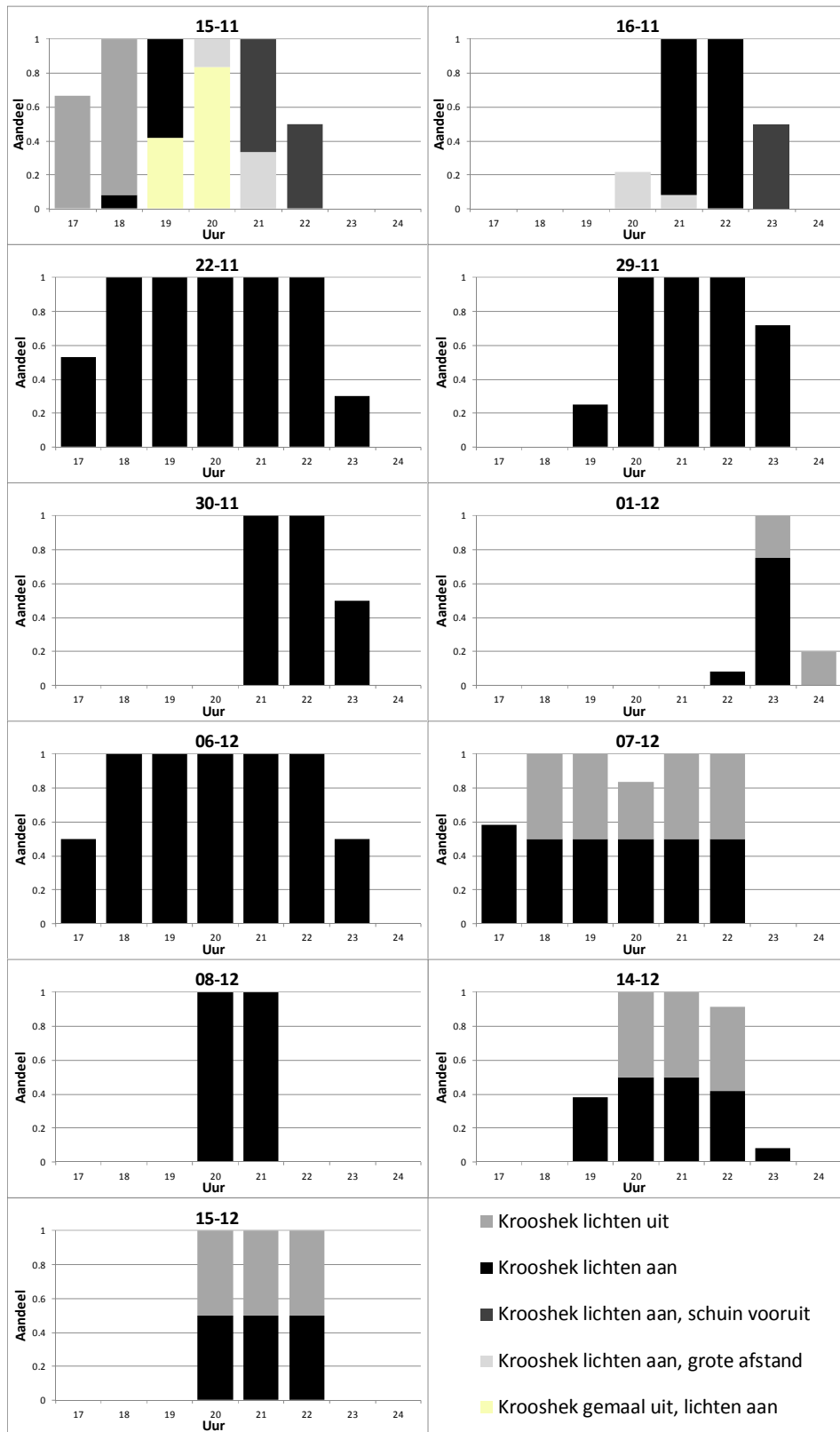
	Gemaal	In	Uit	Voor	Vooromkeer	Tegenomkeer	Totaal
N totaal	lampen totaal aan	18	10	53	7	14	102
	lampen volledig aan	16	10	49	7	14	96
	lampen alternerend aan	2	0	4	0	0	6
	lampen alternerend uit	16	13	30	20	9	88
N/uur	lampen totaal aan	0.9	0.5	2.8	0.4	0.7	5.3
	lampen volledig aan	1.4	0.9	4.4	0.6	1.2	8.6
	lampen alternerend aan	0.3	0.0	0.5	0.0	0.0	0.8
	lampen alternerend uit	2.2	1.8	4.1	2.7	1.2	11.9
%	lampen totaal aan	18%	10%	52%	7%	14%	100%
	lampen volledig aan	17%	10%	51%	7%	15%	100%
	lampen alternerend aan	33%	0%	67%	0%	0%	100%
	lampen alternerend uit	18%	15%	34%	23%	10%	100%

Tabel 4.1.5. Krooshek. Lampenrij voor pomp 5 waar aal het krooshek inzwommen terwijl het visafweersysteem aanstond, voor de dagen waarop met zekerheid was vastgesteld dat de lampenrij kapot was.

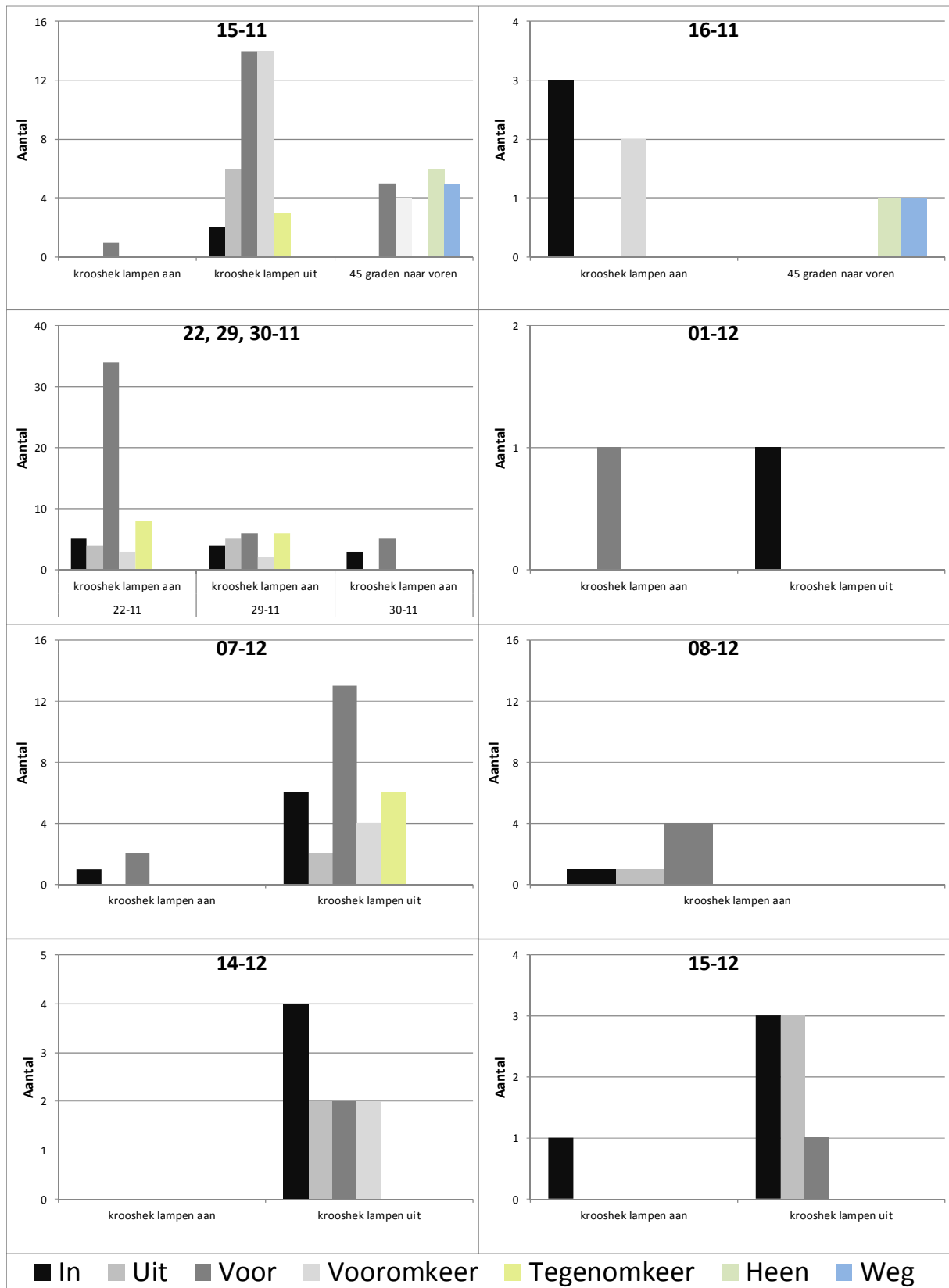
Datum	Lampenrij kapot	Hoogte lampenrij	Aantal alen	Inzwommen lampenrij
22-11	7 & 11	310 & 90 cm	5	5, 7, 9, 11 & onder het frame over de bodem
07-12	5	420 cm	1	5
08-12	5	420 cm	1	7
15-12	5	420 cm	1	7

Tabel 4.1.6. Krooshek. Paarsgewijze analyse van het aantal alen dat het krooshek benadert op drie dagen (7, 14 en 15-12-2010) waarbij alternerend de stroboscooplampen een half uur aan en uit hebben gestaan. Twee datasets zijn getest: een dataselectie met alle alen behalve die 'uit' het rooster zwommen en een dataselectie met alle alen behalve die 'uit' of 'voor' het rooster langs zwommen. Voor elk van deze datasets is het gemiddelde aantal alen per uur weergegeven met de stroboscooplampen uit en aan. Daarnaast is de p-waarde van de pairwise t-test weergegeven. Beide verschillen zijn significant ($p < 0.05$).

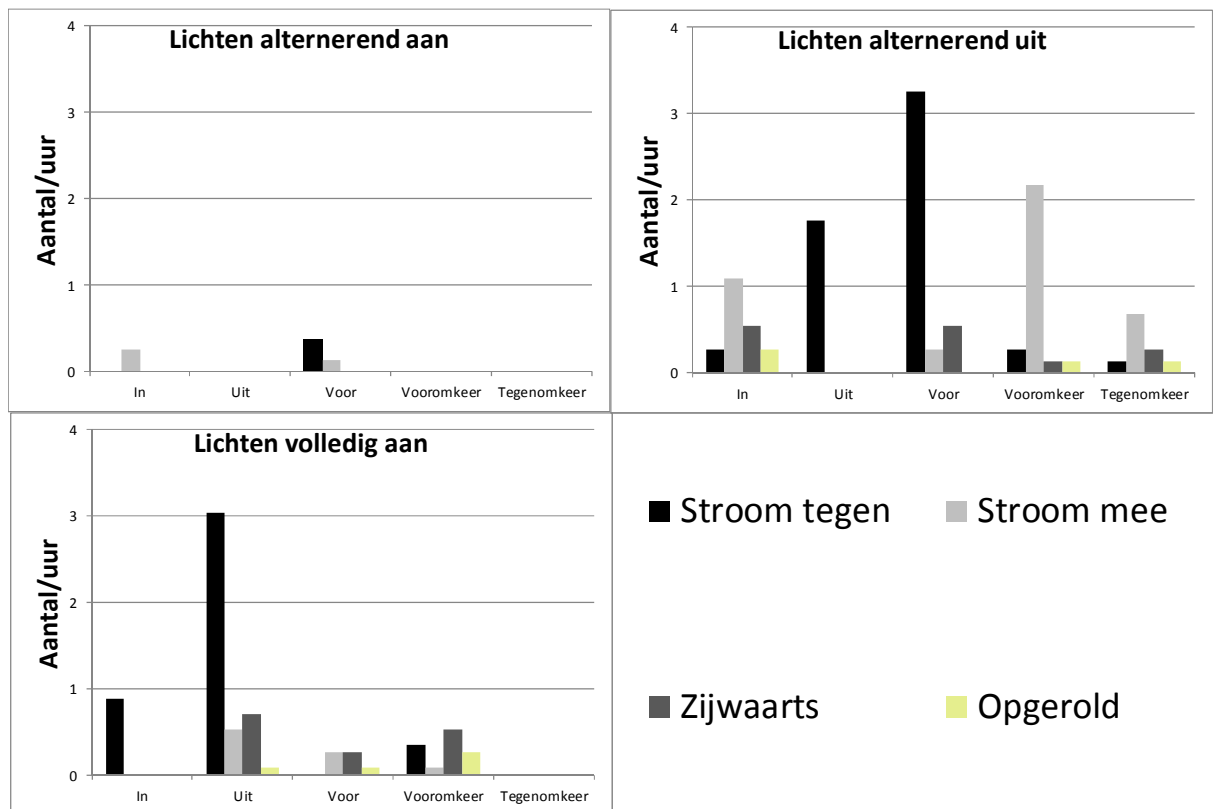
Statistisch geteste dataset	Gemiddeld aantal aal stroboscoop uit (n/uur)	Gemiddeld aantal aal stroboscoop aan (n/uur)	p-waarde paired t-test
Alle data exclusief aal die 'uit' het rooster zwommen	7.82	0.73	0.0205
Alle data exclusief aal die 'uit' en 'voor' het rooster zwommen	4.73	0.18	0.0354



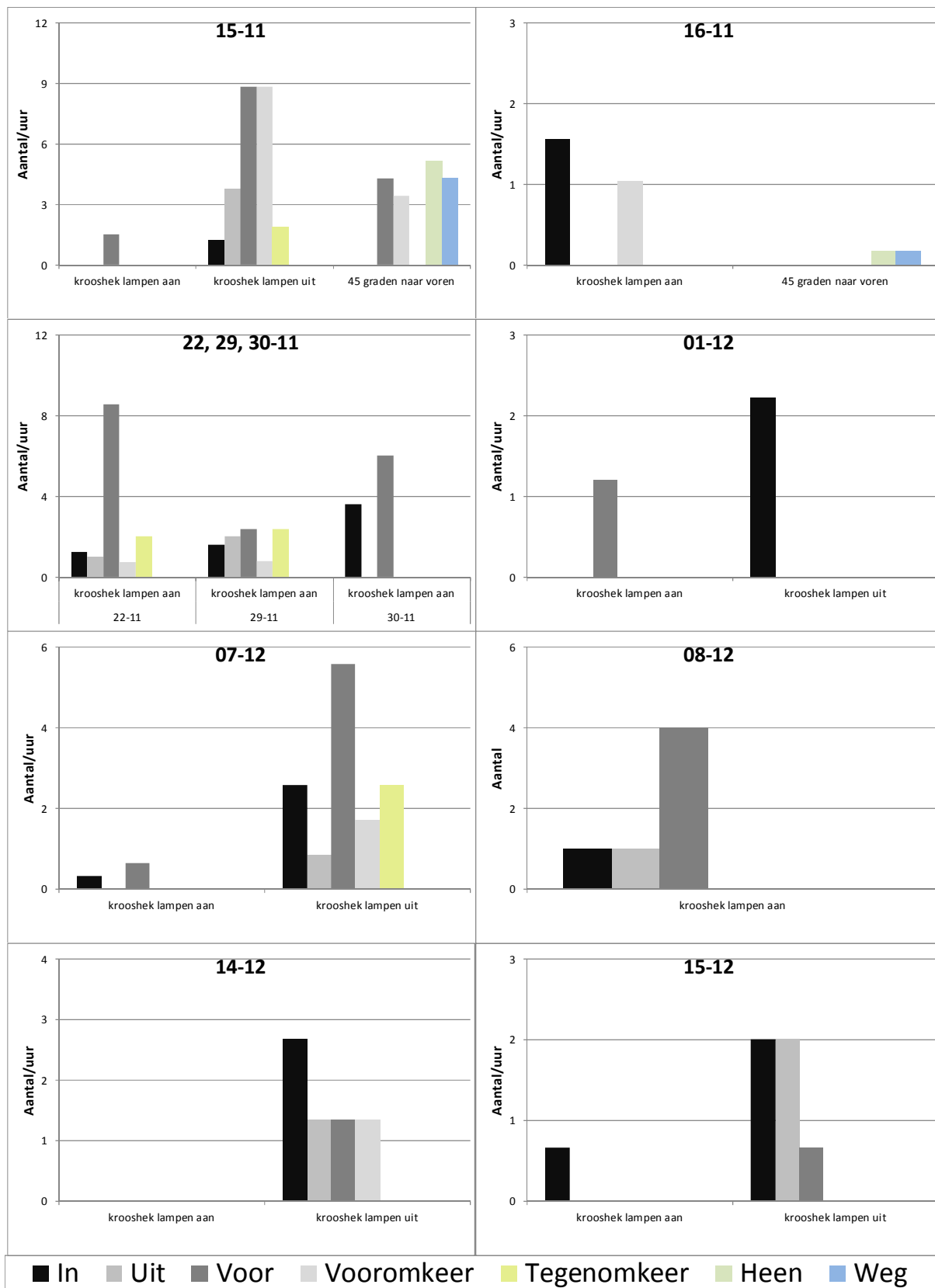
Figuur 4.1.1. Krooshek. Meetinspanning per meetmethode, weergegeven in aandeel per uur, waarbij 1 staat voor 60 minuten en 0.5 voor 30 minuten gemeten per uur. Het gemaal heeft aangestaan, behalve de eerste dag gedurende circa 1.5 uur.



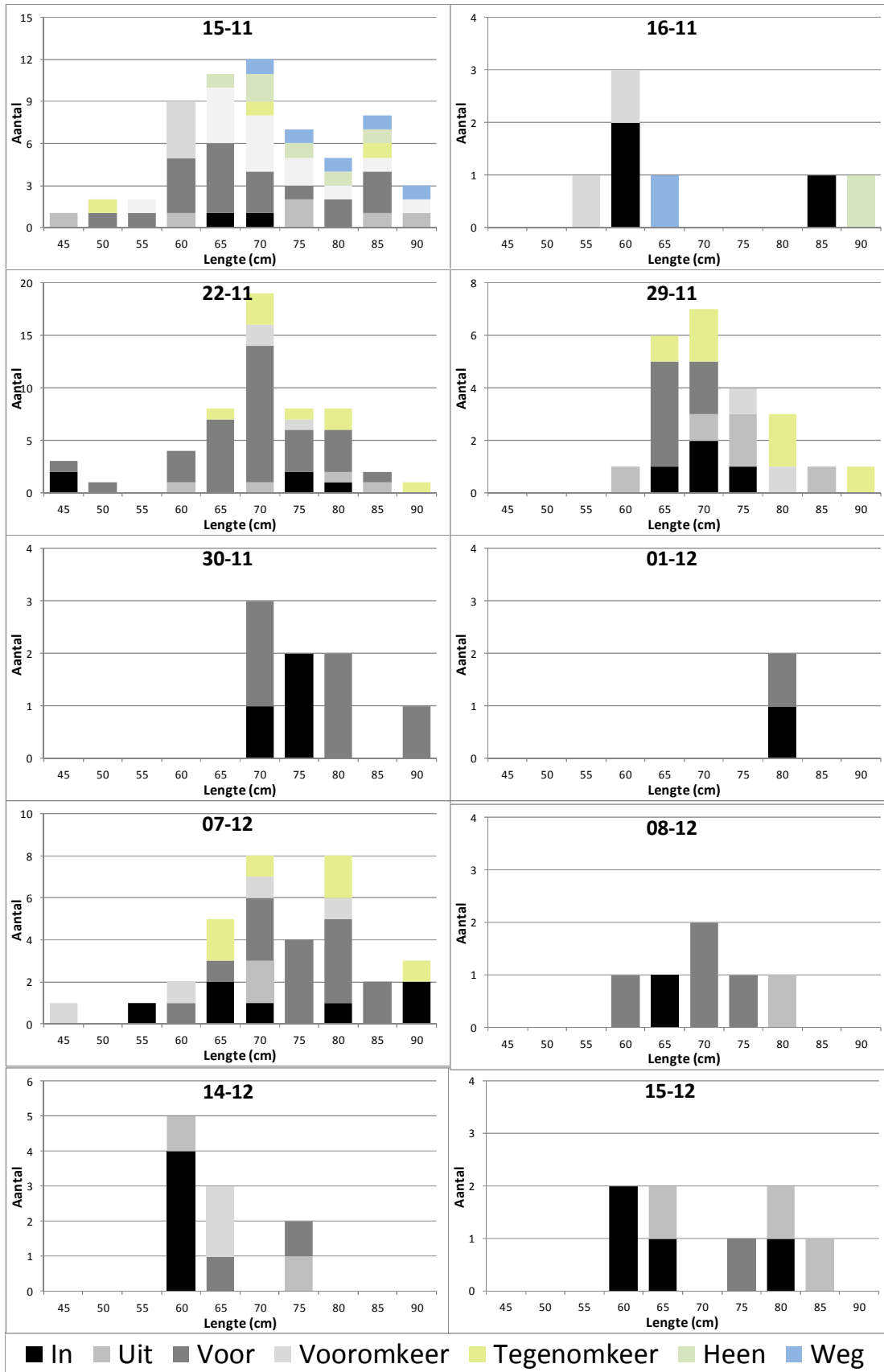
Figuur 4.1.2. Krooshek. Waargenomen aantal alen per type gedrag per meetmethode.



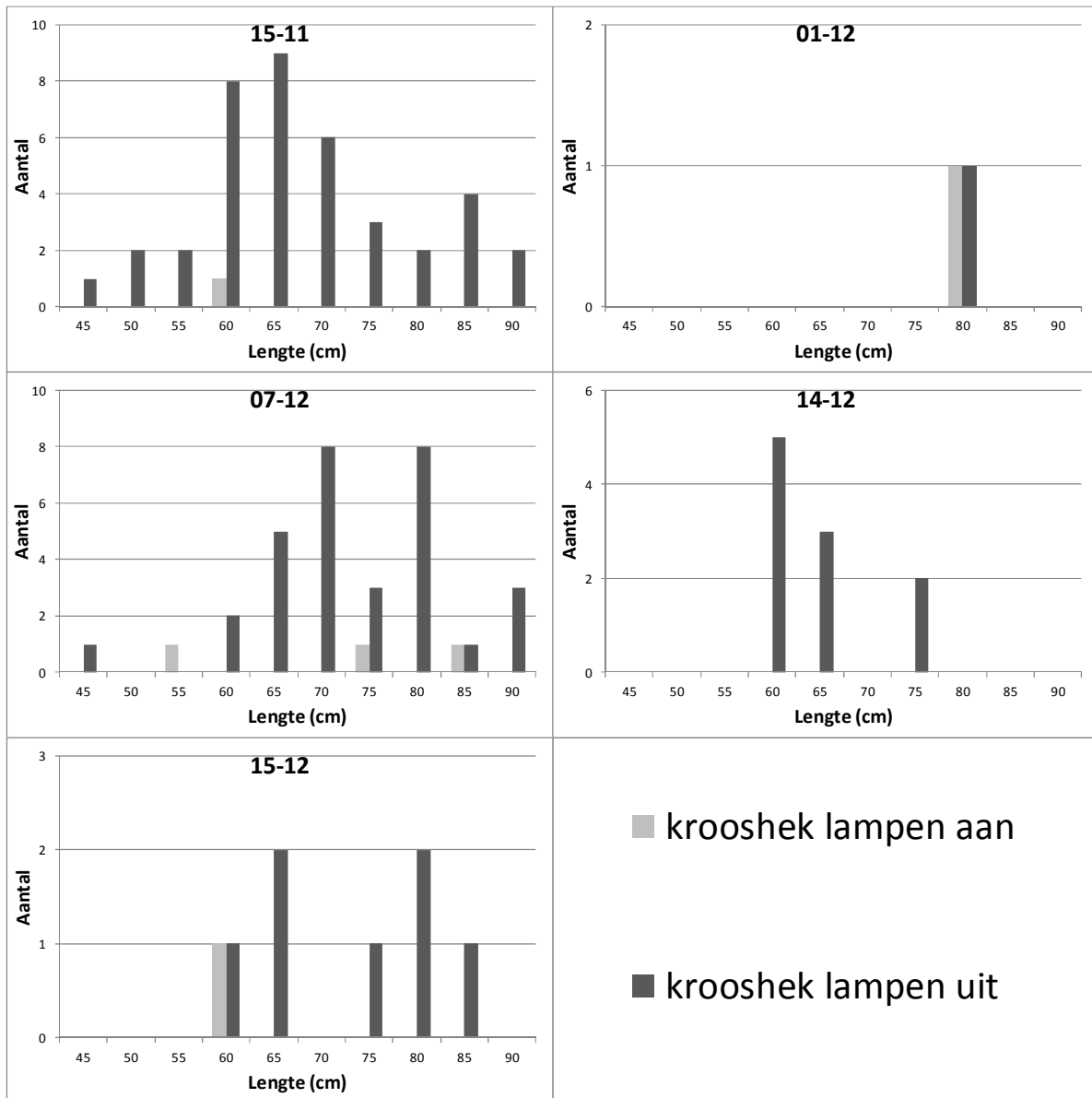
Figuur 4.1.3. Krooshek. Zwemgedrag per uur voor de vijf dagen waarop het lichtframe aan (linksboven) en uit (rechtsonder) is gezet en voor de dagen dat het lichtframe de hele avond heeft aangestaan (linksonder).



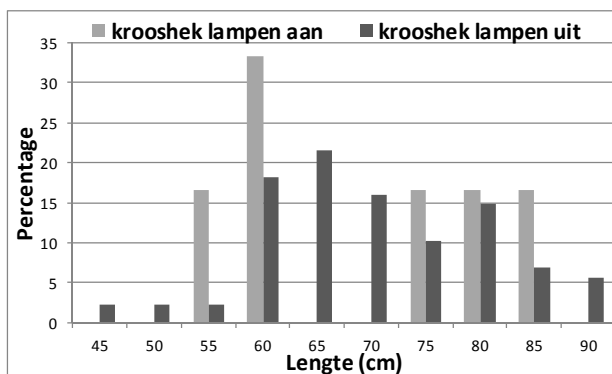
Figuur 4.1.4. Krooshek. Waargenomen aantal alen per uur per type gedrag per meetmethode.



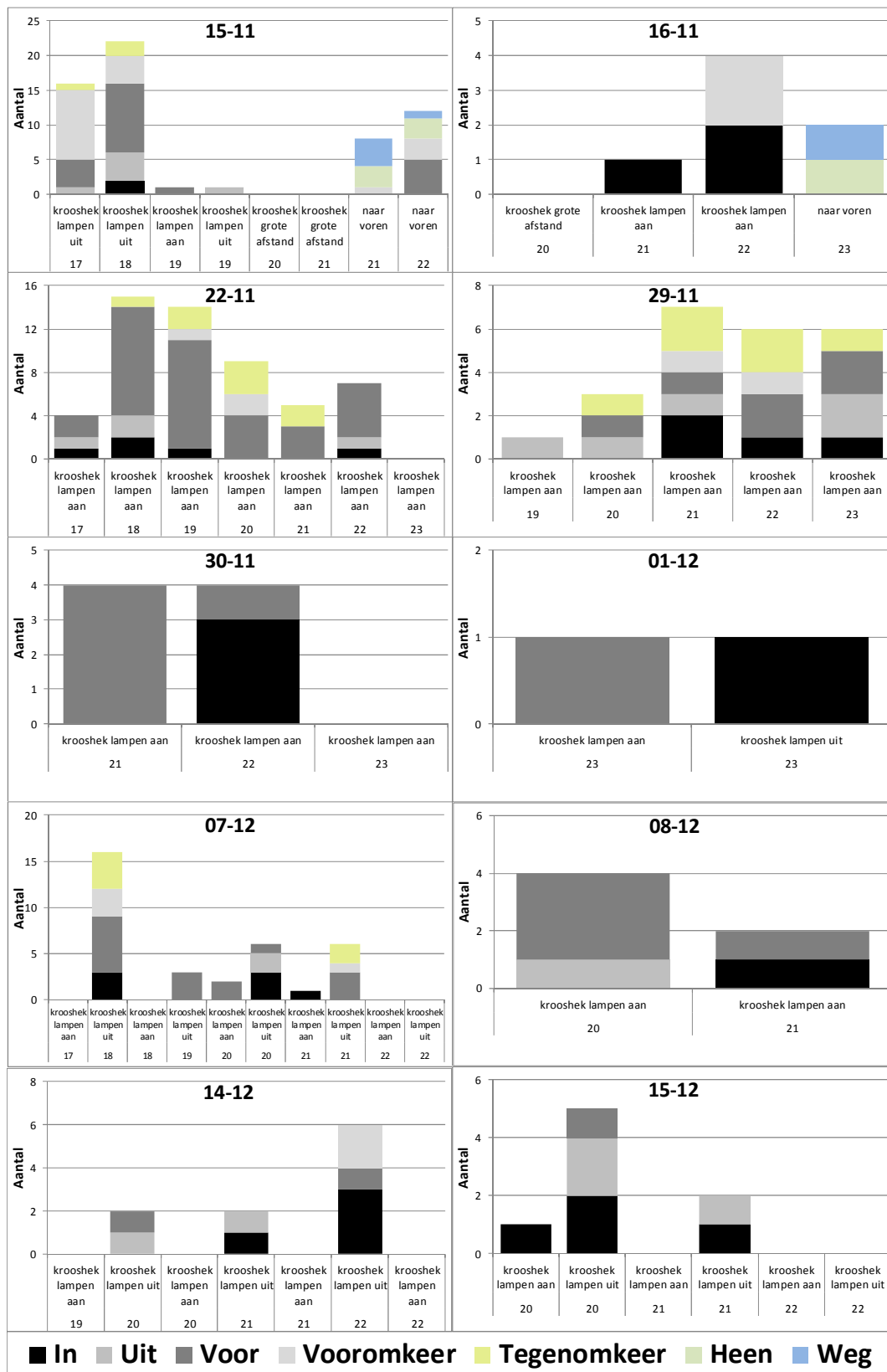
Figuur 4.1.5. Krooshek. Aantal alen per vijf centimeter groep per meetdag.



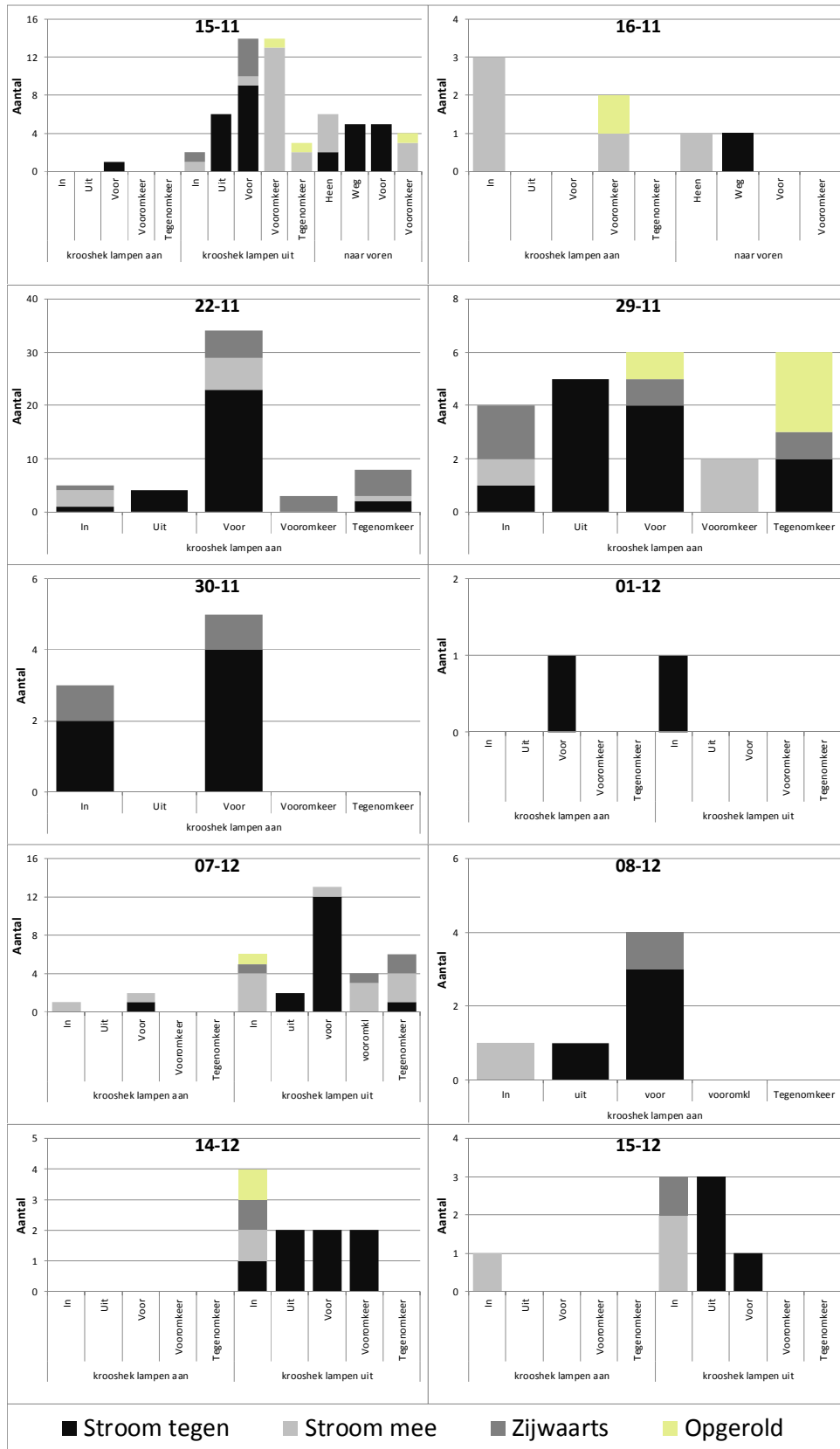
Figuur 4.1.6a. Krooshek. Aantal alen per vijf centimeter groep per meetdag voor de dagen waarop het visafweersysteem zowel aan als uit gestaan heeft.



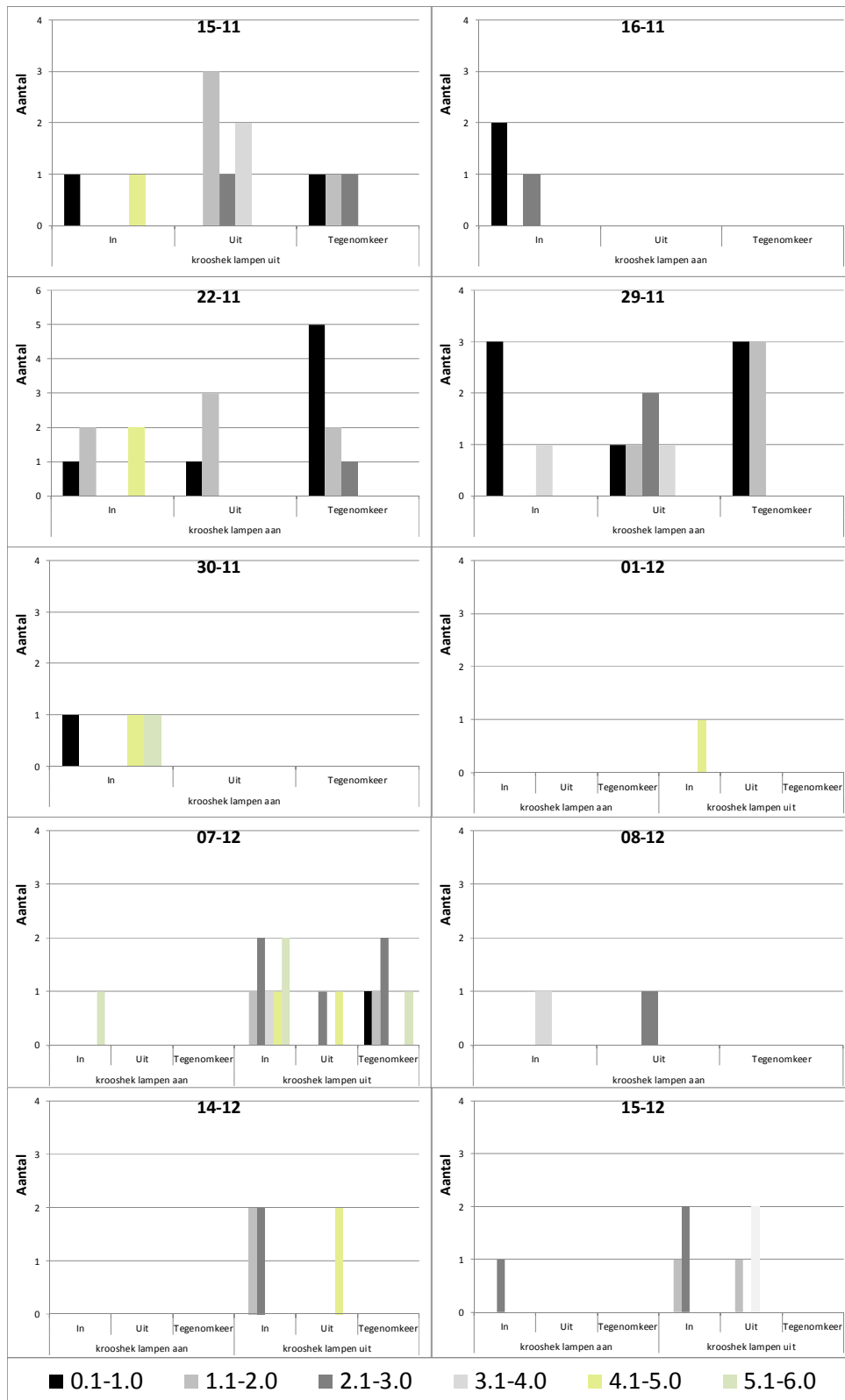
Figuur 4.1.6b. Krooshek. Percentage van het gesommeerde aantal alen per vijf centimeter groep voor de dagen waarop het visafweersysteem zowel aan als uit gestaan heeft.



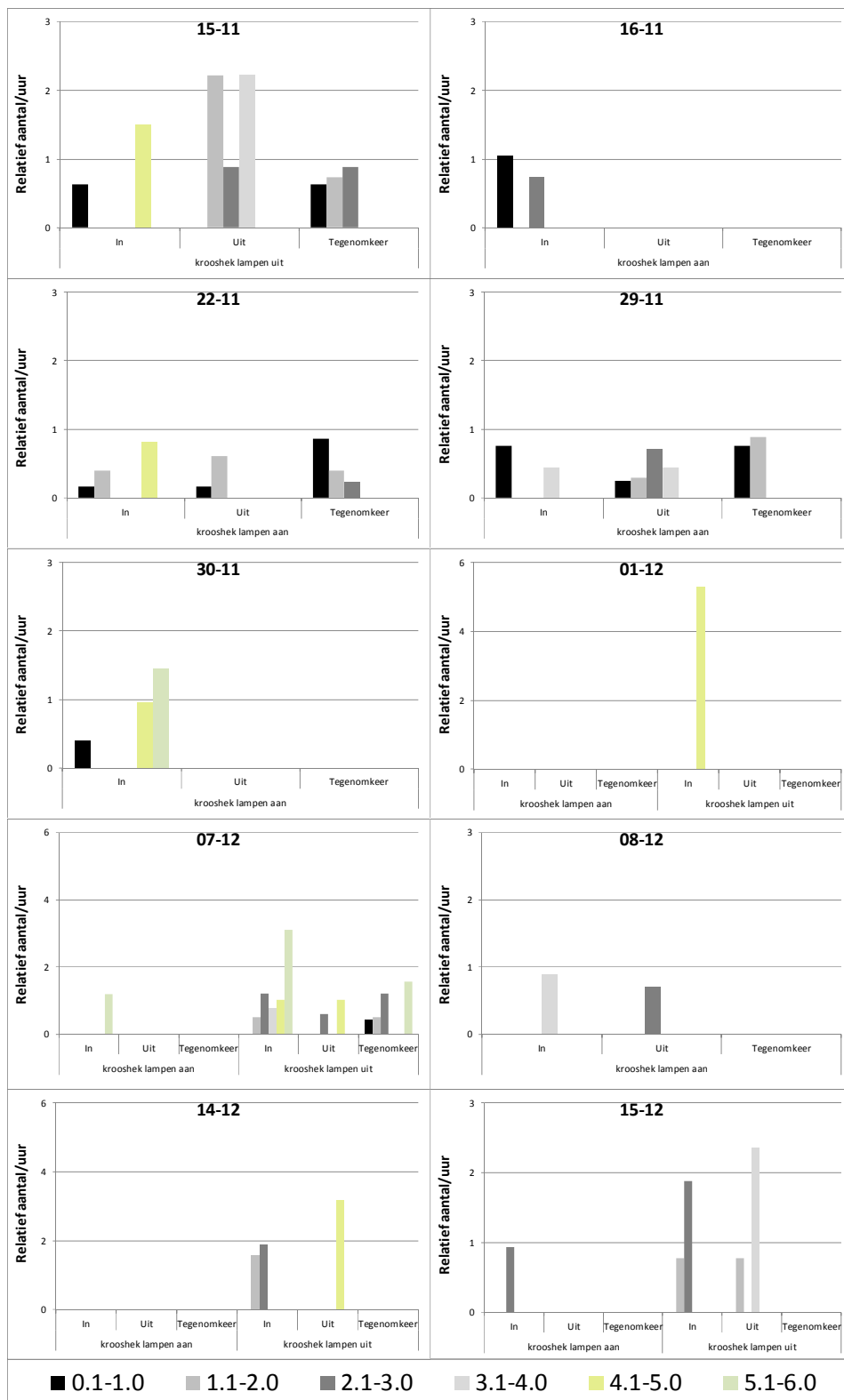
Figuur 4.1.7. Krooshek. Aantal alen per type gedraging gezien in het beeld van de DIDSON, gesommeerd per meetmethode, weergegeven in het uur dat gefilmd is. De aantallen zijn niet gecorrigeerd voor meetinspanning per uur.



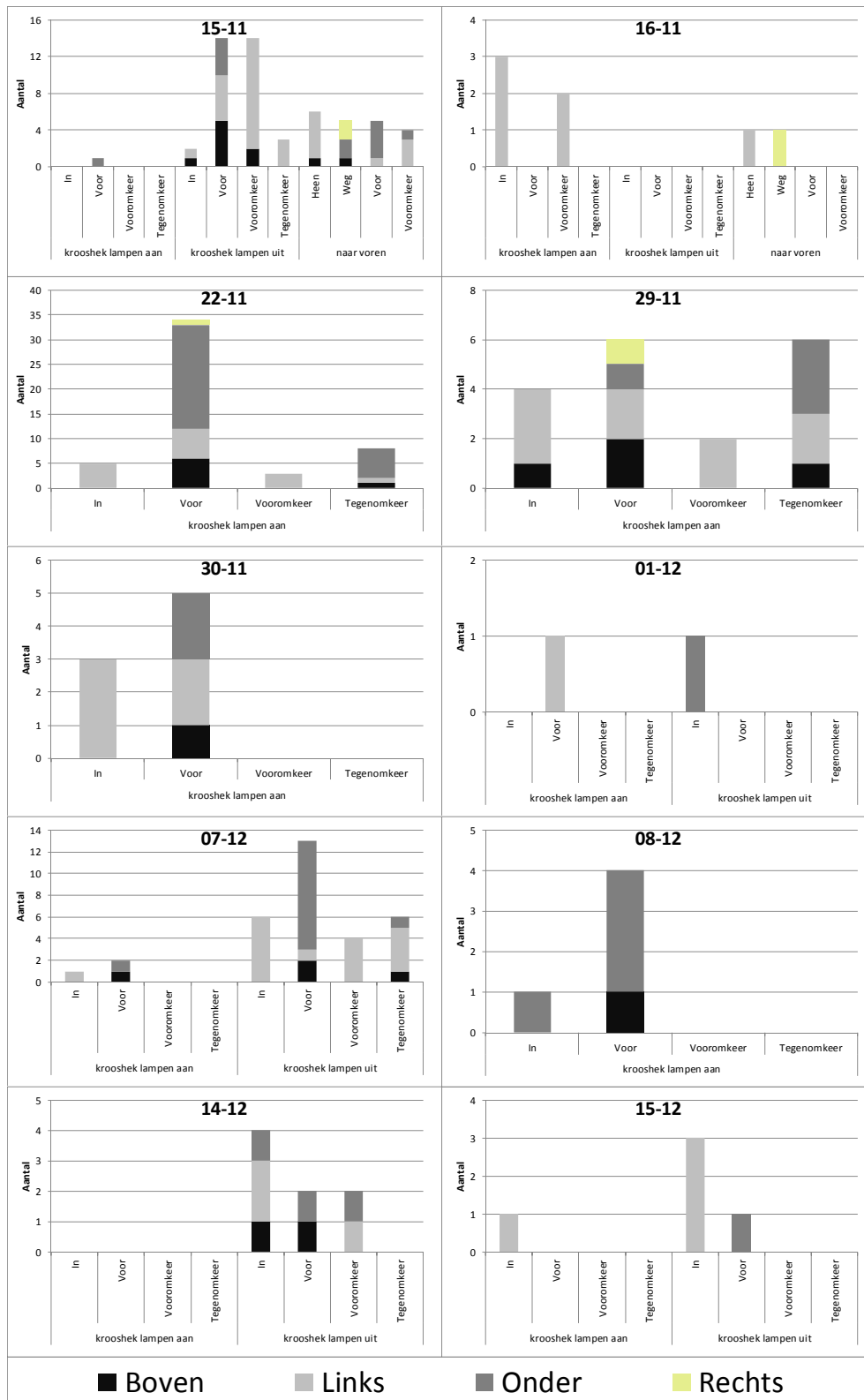
Figuur 4.1.8. Krooshek. Zwemgedrag van alen per meetmethode per meetdag.



Figuur 4.1.9. Krooshek. Afstand vanaf de bodem waarop de alen in contact kwamen met het krooshek voor gedragingen "In", "Uit" en "Tegenomkeer". 0.1-1.0 staat voor 10 cm tot 100 cm afstand vanaf de bodem.



Figuur 4.1.10. Krooshek. Afstand vanaf de bodem waarop de alen in contact kwamen met het krooshek voor gedragingen "In", "Uit" en "Tegenomkeer", waarbij de aantallen zijn gecorrigeerd voor de oppervlakte van het krooshek die door de bundel van de Didson wordt bestreken en door de meetinspanning. 0.1-1.0 staat voor 10 cm tot 100 cm afstand vanaf de bodem.



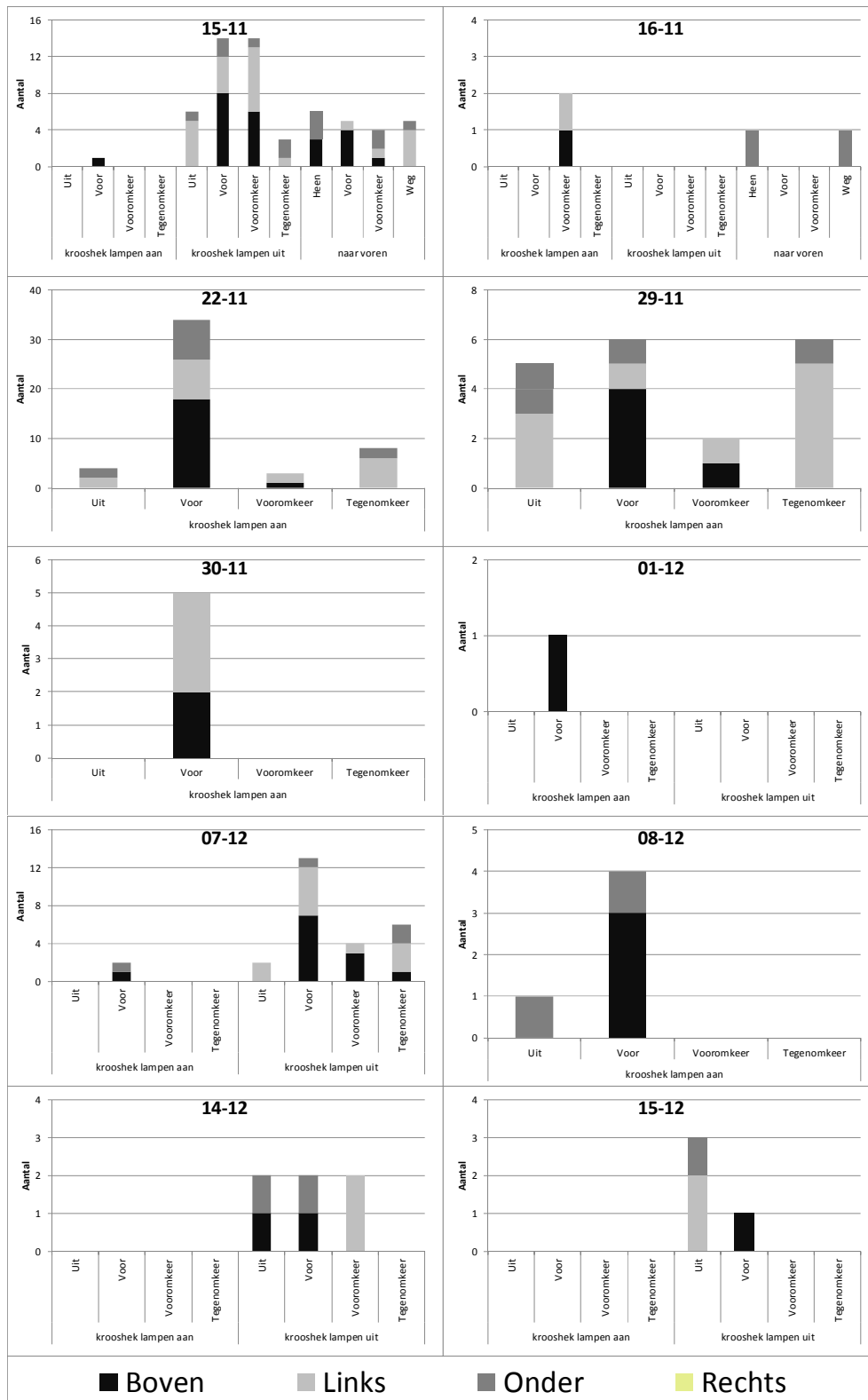
Figuur 4.1.11. Krooshek. Inzweemrichting in het beeld van de DIDSON per gedraging. Alle alen met type gedrag "Uit" kwamen uit het krooshek zetten (rechts) en zijn daarom niet opgenomen in deze figuur.

Links: Noordzeekanaal

Boven: scheidingsmuur tussen pomp 4 en 5

Rechts: Rand krooshek

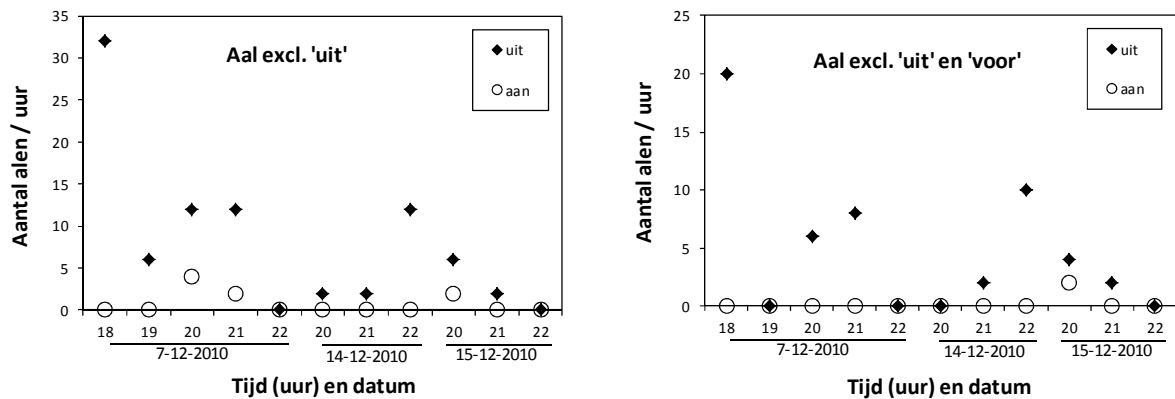
Onder: krooshek gedeelte van pomp 5 en 6



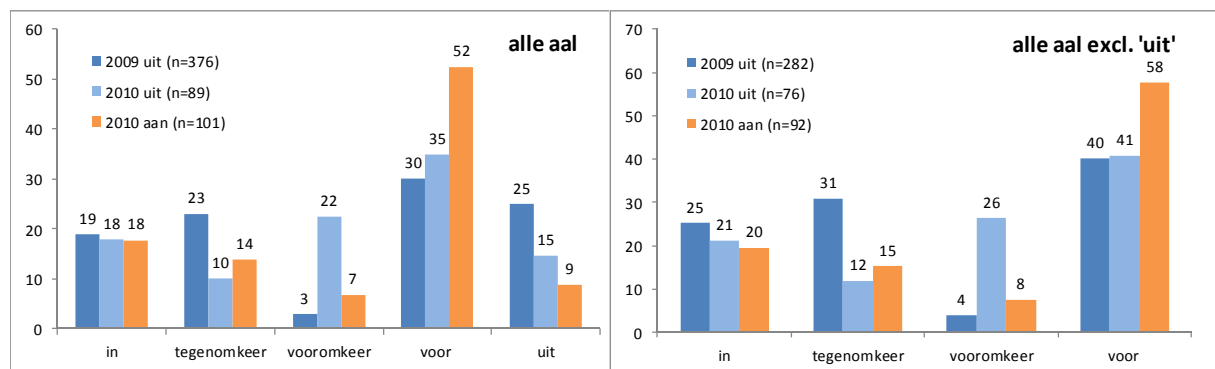
Figuur 4.1.12. Krooshek. Uitzwemrichting uit het beeld van de DIDSON per gedraging. Alle alen met type gedrag "In" zijn het krooshek ingezwommen (rechts) en zijn daarom niet opgenomen in deze figuur.

Links: Noordzeekanaal
 Rechts: Rand krooshek

Boven: scheidingsmuur tussen pomp 4 en 5
 Onder: krooshek gedeelte van pomp 5 en 6



Figuur 4.1.13. Krooshek. Paarsgewijze metingen van het aantal alen die het krooshek benaderden op drie dagen (7, 14, en 15-12-2010) waarbij alternerend de stroboscooplampen een half uur aan en uit hebben gestaan. In het linker paneel zijn alle alen meegenomen behalve die 'uit' het rooster zwommen. In het rechter paneel zijn alle alen meegenomen behalve die 'uit' of 'voor' het rooster langs zwommen.



Figuur 4.1.14. Krooshek. Vergelijking van de percentages van de verschillende gedragingen van aal tussen de DIDSON metingen in 2010 voor de situatie 'lampen aan' en 'lampen uit' en de DIDSON metingen uit 2009 ('lampen uit'). In het linker paneel zijn alle waargenomen alen weergegeven. In het rechter paneel zijn de alen die 'uit' zwemmen buiten beschouwing gelaten. In de legenda staat per experiment hoeveel alen (n) in totaal zijn waargenomen.

4.2 Gedragsbeschrijving alen bij spuikoker

Tijdens vier avonden (Figuur 4.2.1) is met de DIDSON gemeten bij spuikoker 7 om te onderzoeken hoe aal de spuikoker gebruikt (Figuur 4.2.1). Tijdens de meetdagen zijn in totaal 41 bewegingen van alen waargenomen (Figuur 4.2.2). Het aantal alen gezien per dag verschilde van 4 tot 11, waarbij het merendeel van de alen de spuikoker inzwommen. Op 19 november zijn naast inzwemmende alen ook twee alen gezien die uit de spuikoker zwommen en zijn vijf alen gezien die voor de spuikoker langs zwommen aan het begin van de meetdag (Figuur 4.2.2). De drie andere dagen zijn alleen voorlangs zwemmende alen gezien. Alen die reageerden op de spuikoker door zich in de buurt hiervan om te draaien (gedrag Vooromkeer of Tegenomkeer) zijn niet waargenomen. De alen gezien in het beeld van de DIDSON waren tussen de 60 cm en 100 cm (Figuur 4.2.3). Tussen de verschillende gedragingen waren geen verschil in lengtes waarneembaar.

De alen die de spuikoker inzwommen, deden dit de eerste twee meetdagen voornamelijk met de stroom mee (Figuur 4.2.4). De laatste twee meetdagen was het aandeel van alen die de spuikoker met de stroom meezwommen circa 50%, waarbij tegen de stroom in zwemmen en zijwaarts zwemmen de andere 50% was. Alen die zich opgerold met de stroom lieten meevoeren zijn bij de spuikoker tijdens de meetdagen niet waargenomen.

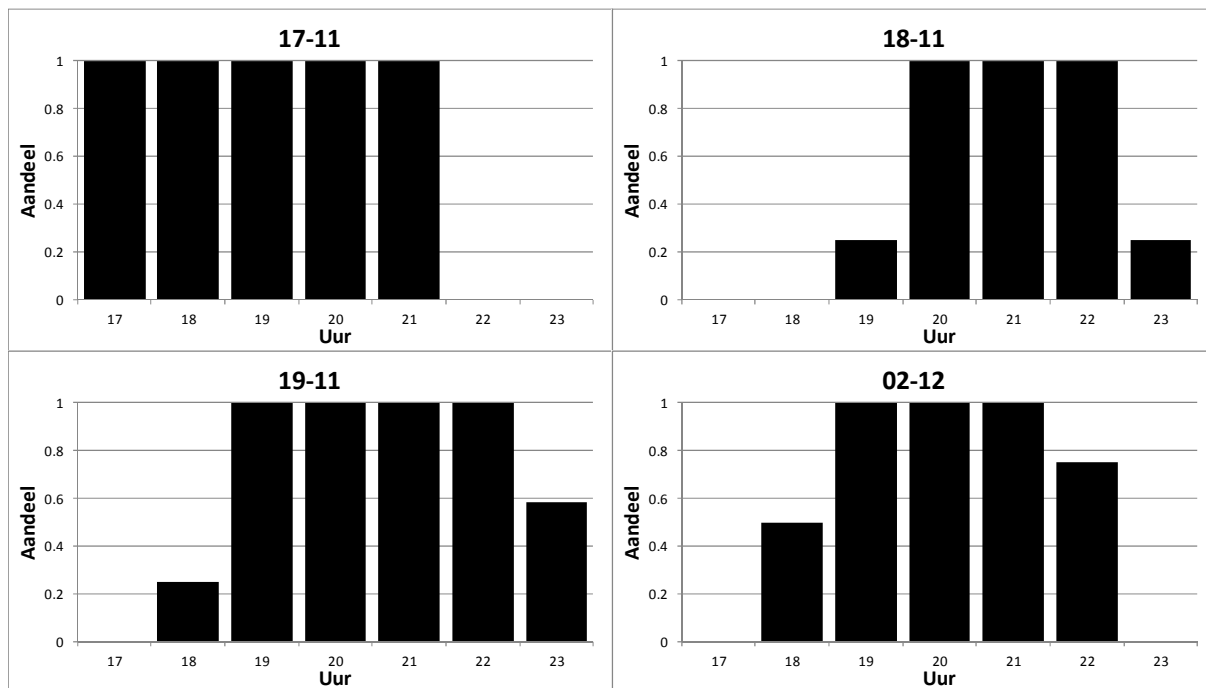
Alen die de spuikoker inzwommen kwamen voornamelijk vanaf het Noordzeekanaal (Figuur 4.2.5), terwijl alen die voor de spuikoker langs zwommen vooral uit het gebied van de overige spuikokers kwamen en richting de scheidingswand van spuikokers naar gemaalcomplex zwommen (Figuur 4.2.6).

De verdeling van de alen over de diepte zijn weergegeven voor alle alen die 'in' de spuikoker zwommen. Gedurende de meetdagen zijn de alen over verschillende dieptes gezien (Figuur 4.2.7). De eerste meetdag zijn alen waargenomen tot een afstand 4 meter tot de bodem, terwijl in de overige meetdagen de alen ook tot grotere afstanden van de bodem zijn waargenomen. De aantallen zijn gecorrigeerd met een correctiefactor voor de diepteklassering; correctiefactor: 1/oppervlakte van het krooshek op de desbetreffende diepte, gemeten in klassen van 1 meter (Figuur 4.2.8).

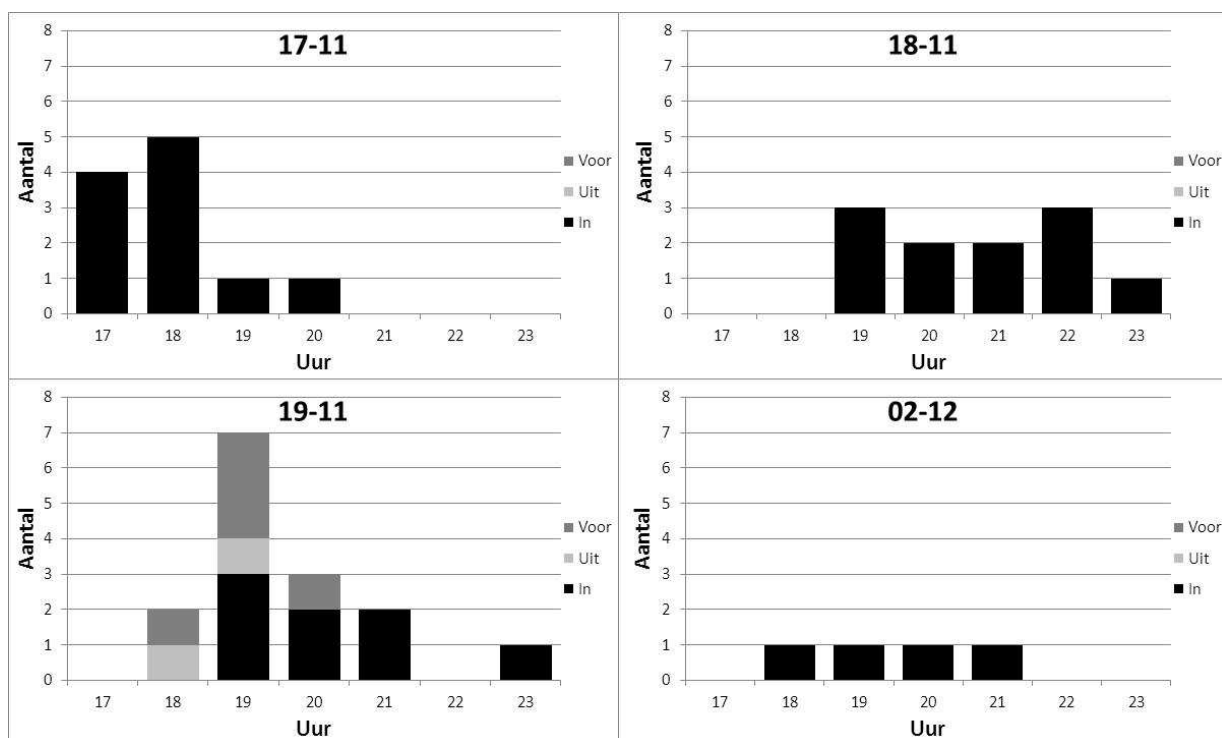
Over de vier meetdagen gezien was het aantal aal in het midden van de spuikoker iets hoger dan bij de bodem of in de bovenste 2 meter van de spuikoker (Figuur 4.2.9). Wanneer we de aantallen corrigeren voor de breedte van de DIDSON bundel per diepteklasse en diverse regressies toepassen, geeft 2^e orde polynome regressie de hoogste correlatiefactor (Figuur 4.2.9), maar deze is niet significant ($p > 0.05$). Het gemiddelde aantal alen die over de gehele spuikoker inzwom lag een factor 1.7 hoger dan die in de onderste 1 meterklasse de spuikoker inzwom.

Tabel 4.2.1. Spuikoker. Aantal alen per type gedrag per meetdag.

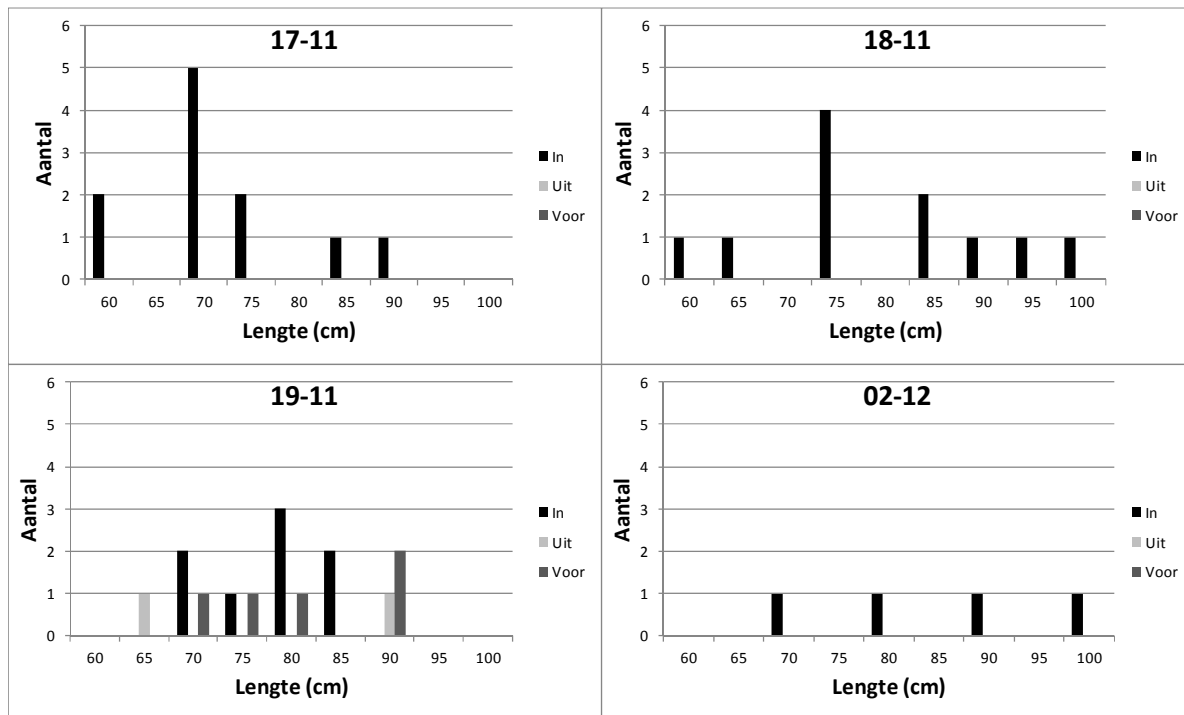
Gedrag	17/11/2010	18/11/2010	19/11/2010	2/12/2010	Totaal
In	11	11	8	4	34
Uit			2		2
Voor			5		5
Totaal	11	11	15	4	41



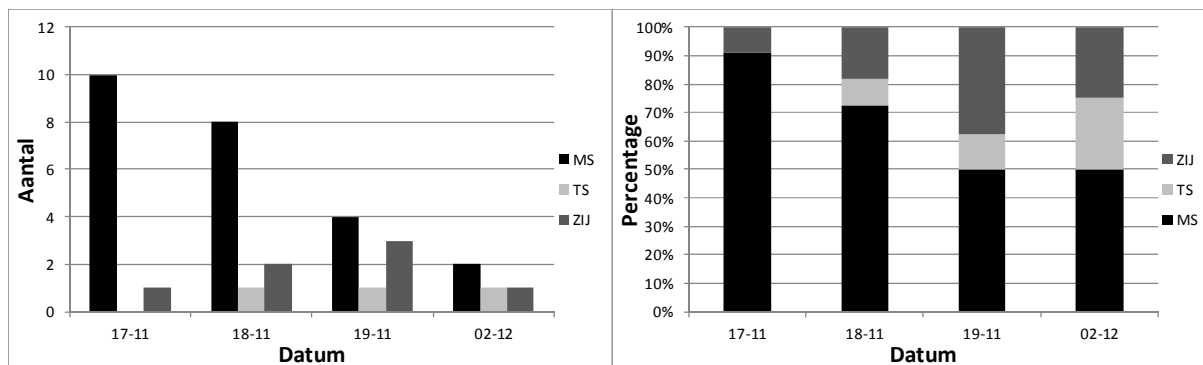
Figuur 4.2.1. Spuikoker. Meetingspanning weergegeven in aandeel per uur, waarbij 1 staat voor 60 minuten en 0.5 voor 30 minuten gemeten per uur.



Figuur 4.2.2. Spuikoker. Aantal alen per uur ingedeeld naar type gedrag.



Figuur 4.2.3. Spuikoker. Aantal alen per 5-centimeterklasse ingedeeld naar type gedrag.

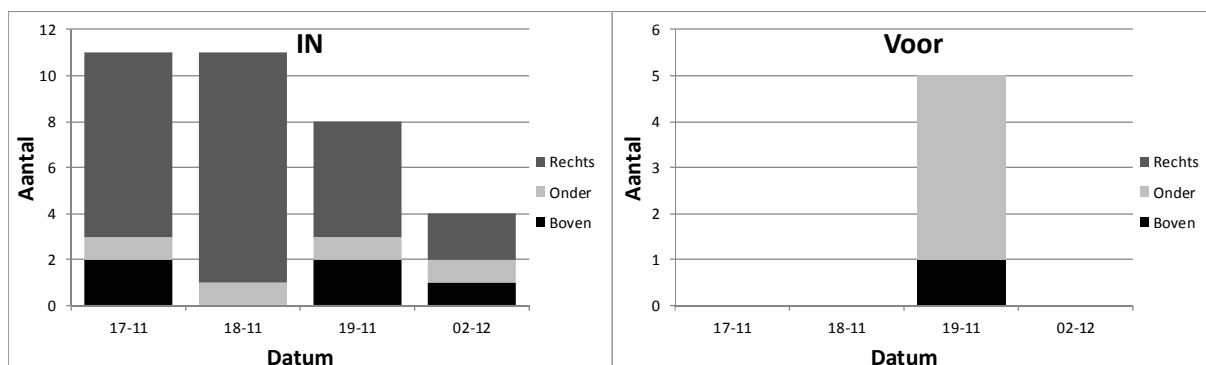


Figuur 4.2.4. Spuikoker. Aantal alen (links) en percentage alen (rechts) die de spuikoker inzwommen voor de vier meetdagen.

MS=met stroming meezwemmen

TS=tegen stroming in zwemmen

ZIJ=zijwaarts zwemmen.

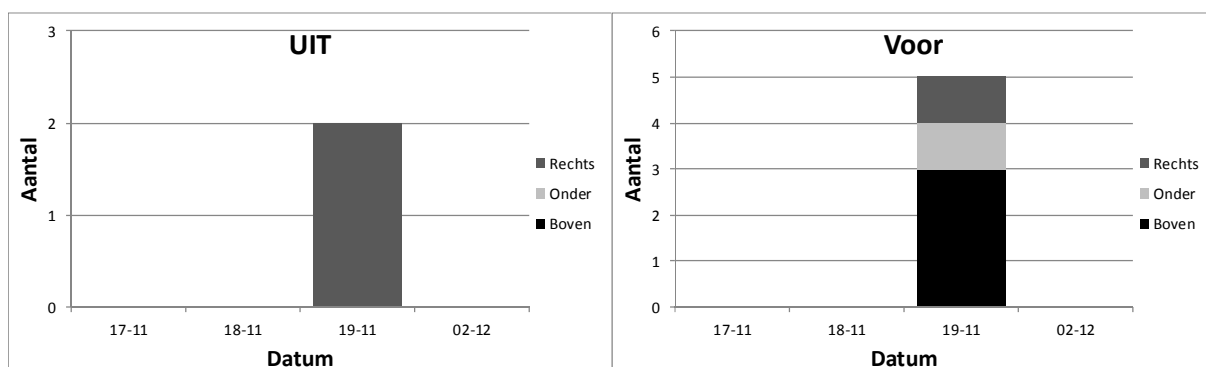


Figuur 4.2.5. Spuikoker. Inzwemrichting in het beeld van de DIDSON per gedraging. Alle alen met type gedrag "Uit" zijn de spuiwerker uitgezwommen (links) en zijn daarom niet opgenomen in deze figuur.

Rechts: Noordzeekanaal

Boven: kademuur

Onder: richting overige spuiwerkers

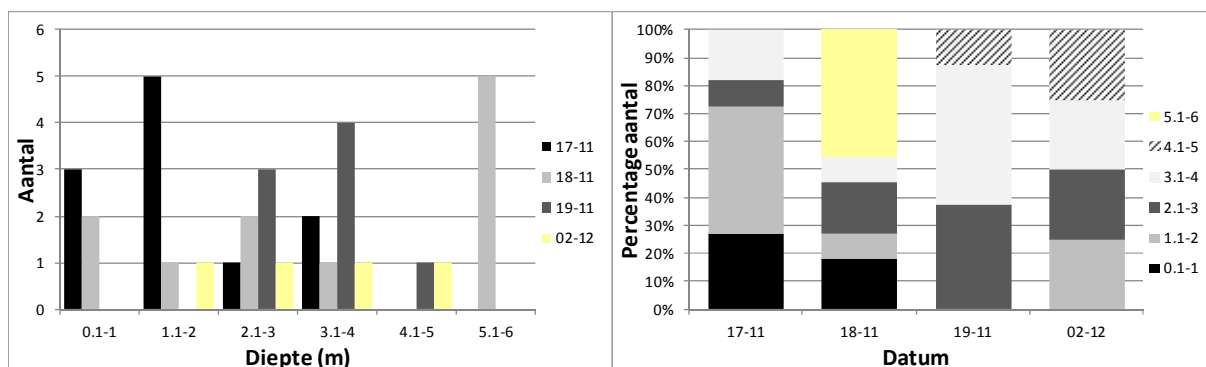


Figuur 4.2.6. Spuikoker. Uitzwemrichting uit het beeld van de DIDSON per gedraging. Alle alen met type gedrag "In" zijn de spuiwerker ingezwommen (links) en zijn daarom niet opgenomen in deze figuur.

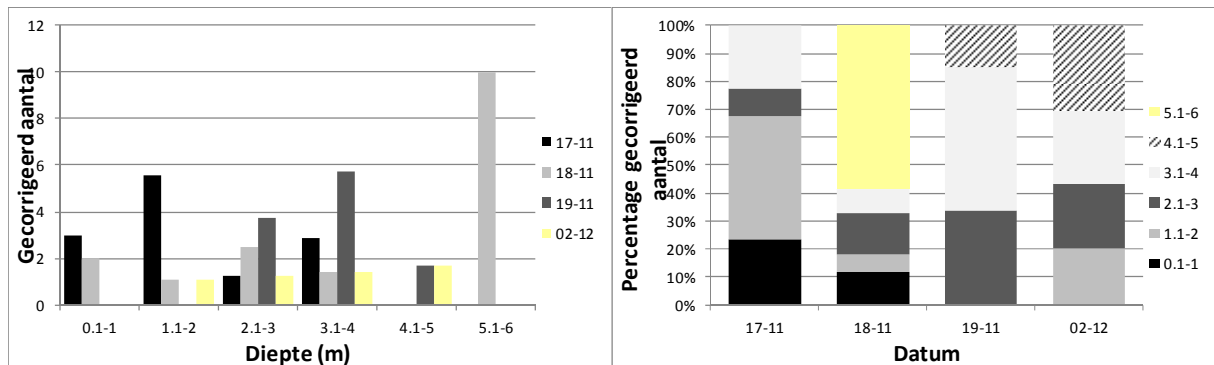
Rechts: Noordzeekanaal

Boven: kademuur

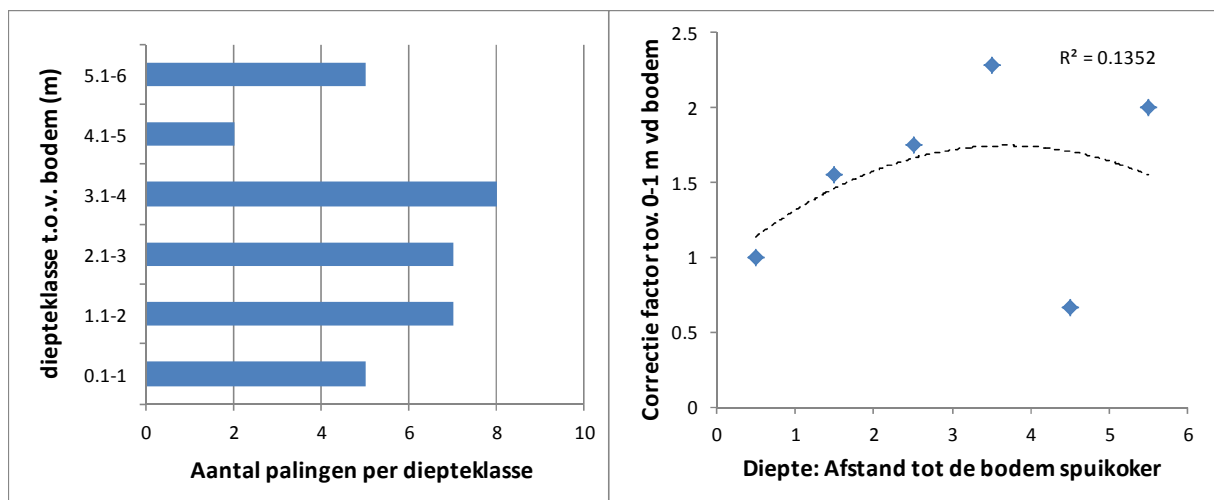
Onder: richting overige spuiwerkers



Figuur 4.2.7. Spuikoker. Aantal alen die 'in' de spuiwerker zijn gezwommen (links) en percentage alen (rechts) per diepteklasse bij de spuiwerker voor de vier meetdagen. De alen die 'uit' en 'voor' de spuiwerker zijn gezwommen zijn niet weergegeven.



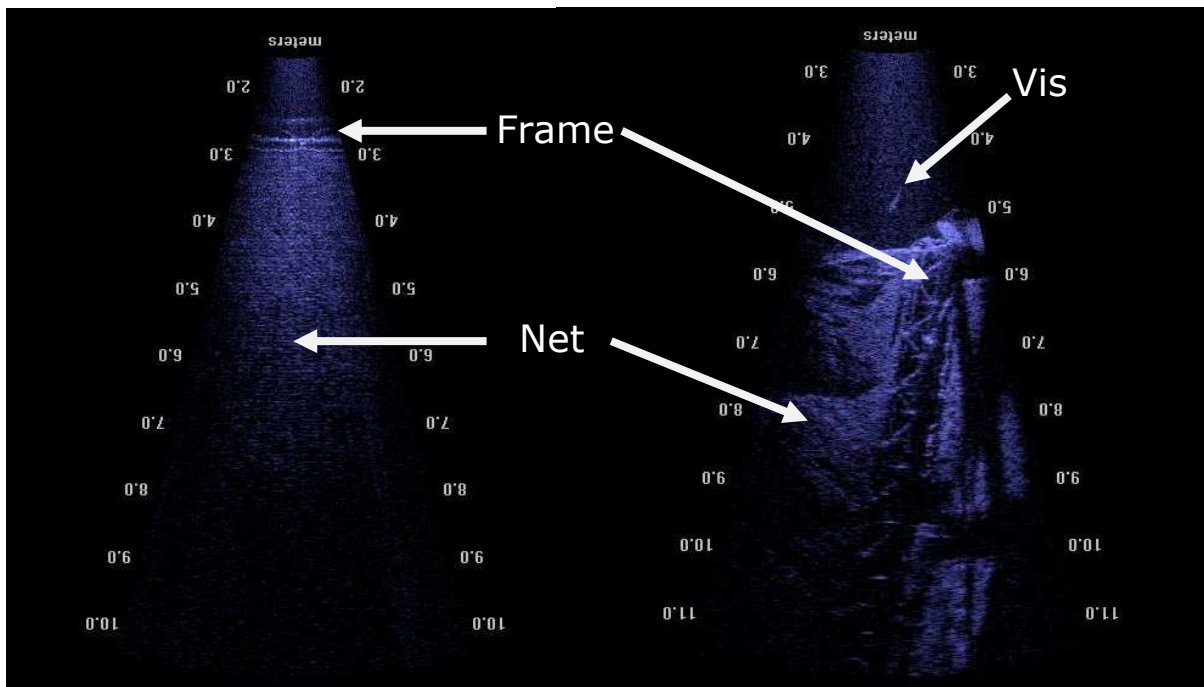
Figuur 4.2.8. Spuikoker. Relatief aantal alen die 'in' zijn gezwommen (links) en percentage alen (rechts) per diepteklasse bij de spuiwerker voor de vier meetdagen, waarbij de aantallen zijn gecorrigeerd voor de oppervlakte van de ingang van de spuiwerker die door de bundel van de Didson wordt bestreken. 0.1-1.0 staat voor 10 cm tot 100 cm afstand vanaf de bodem. De alen die 'uit' en 'voor' de spuiwerker zijn gezwommen zijn niet weergegeven.



Figuur 4.2.9. Spuikoker. Aantal alen die 'in' zijn gezwommen per 1 m diepteklasse, gerekend vanaf de bodem van de spuiwerker over de 4 onderzoeksdagen (links). Na correctie van de aantallen voor de breedte van de DIDSON-bundel zijn deze per diepte klasse teruggerekend naar de diepteklasse 0-1 m boven de bodem van de spuiwerker (die op 1 is gesteld). De verdeling van de alen over de verschillende diepteklassen is weergegeven in een correctiefactor per diepteklasse ten opzichte van de diepteklasse 0-1 meter boven de bodem van de spuiwerker. De correlatiefactor van polynome (2^e orde) regressie (stippellijn) is weergegeven, maar deze is niet significant (rechts).

4.3 Visnet achter gemaal

Achter het gemaal hing gedurende de meetreeks een groot visnet om alle vissen op te vangen die door het gemaal heen gingen (Figuur 4.3.1). Tijdens het legen van de netten werd rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) in grote hoeveelheden in de netvangst aangetroffen. Echter werden in het beeld van de DIDSON maar beperkt visbeelden waargenomen van vissen die mogelijk rivierprik zouden kunnen zijn. Deze kunnen van schieraal worden onderscheiden door de geringere lengte. Om vast te stellen in hoeverre vissen door het net heen zwommen, is op twee dagen met de DIDSON bij het net gekeken. Op 8 december is voor de meetavond bij het gemaal kort met de DIDSON tussen 17.30 en 18.00 uur bij dit net gekeken terwijl de pompen uitstonden. Op 13 december is in de avond met de DIDSON langs het net gevaren om te zien of vissen eventueel de mogelijkheid hadden het net vanaf te zijkant in te zwemmen of te verlaten. Uit de beelden verkregen met de DIDSON tijdens beide meetsessies is niet duidelijk waargenomen dat vissen en dan vooral rivierprik het net inzwemmen.



Figuur 4.3.1. Opnames van het visnet achter het gemaal. Op 8 december is het net gefilmd in de lengterichting (links), op 13 december in de breedterichting (rechts).

5. Discussie en Conclusies

5.1 Effect visafweersysteem (stroboscooplampen) op het gedrag van aal

Om het effect te bepalen van het gebruikte visweringsysteem met stroboscooplampen op alen die het gemaal benaderen zou idealiter het aanbod van aal bekend moeten zijn, zodat de aantallen aal die bij het krooshek aankomen hieraan gerelateerd kunnen worden en de fractie van het aanbod dat het krooshek nadert met en zonder stroboscooplampen kan worden bepaald. Het aanbod is echter zeer moeilijk te meten. De drie dagen met DIDSON metingen waarop alternerend een halfuur de stroboscooplampen aan en uit waren, zijn echter goed geschikt om het effect van stroboscooplampen op de aantallen aal die het krooshek benaderen te bepalen, omdat het aannemelijk is dat verschillen in aanbod geringer zijn op een dergelijke kleine tijdschaal (half uur) en dat eventuele verschillen in aanbod uitgemiddeld worden over de meerdere dagen met alternerend stroboscooplampen aan-uit. Het alternerend aan-uit experiment laat een duidelijk verschil zien in aantallen aal die het krooshek benaderd. Minimaal 10x zoveel alen benaderen het krooshek wanneer de lampen uit waren dan wanneer de lampen aan stonden (Tabel 4.1.6 en Figuur 4.1.13). Dit verschil was sterk significant. De waarnemingen op 15-11-2010 waarbij de lampen eerst 40 minuten aan stonden en één aal werd waargenomen, tegen 38 alen in de daaropvolgende 115 minuten met lampen uit, zijn in lijn met de resultaten van de gepaarde experimenten.

Echter ook met de stroboscooplampen aan benaderen alen, weliswaar in veel kleiner aantal, het krooshek. Een deel hiervan zwemt het krooshek in. Nu waren op sommige dagen lampen uitgevallen, maar onze resultaten geven aan dat dit niet als enige verklaart dat een (klein) deel van de naderende aal ondanks stroboscooplampen het krooshek benadert en inzwemt. Met name op 22 en 29 november 2010 waren grotere aantallen (respectievelijk 54 en 23 alen) met de DIDSON waargenomen, terwijl de lampen aan waren. Ervan uitgaand dat het aantal alen minstens een factor 10 lager aankwamen bij lampen aan, lijkt het aannemelijk dat het aanbod van aal bij het gemaal in de laatste weken van november zeer groot is geweest. Als we vervolgens naar het gedrag kijken van alen die het krooshek al genaderd zijn, zien we geen wezenlijk verschil tussen lampen aan versus lampen uit (ook in vergelijking met 2009). Het percentage dat 'in' het krooshek zwemt is voor beide situaties ongeveer hetzelfde (Figuur 4.1.14). Het percentage omkerende aal was iets lager voor lampen aan en met name met lampen aan vertoonden meer aal 'voor' zwemgedrag en kwamen minder aal 'uit' het krooshek.

Uit bovenstaande komt de conclusie naar voren dat het toegepaste visweringsysteem met stroboscooplampen een duidelijk afschrikwekkende werking heeft op aal en dat het gedragsrespons voornamelijk optreedt op een afstand buiten het zichtveld van de DIDSON bundel (schaal van minimaal enkele meters). Binnen het zichtveld van de DIDSON zien we geen wezenlijke verschillen in 'in' zwemmende aal, iets minder 'omkeergedrag' en iets meer 'voor' zwemgedrag. Het percentage 'uit' is lager voor lampen aan dan voor lampen uit in 2010 en veel minder dan lampen uit in 2009. De meest aannemelijke verklaring voor de waargenomen patronen is dat een geringer deel van het aanbod het krooshek passeert met lampen aan en dat daardoor het percentage van 'uit' zwemmende aal die een gedragsrespons bij de ingang van het gemaal vertonen daardoor ook geringer is.

De DIDSON waarnemingen laten zien dat veel individuele variatie bestaat in gedragsrespons bij nadering van het krooshek en het gemaal. De meest waarschijnlijke verklaring voor (tenminste een deel van) deze variatie is dat verschillen bestaan tussen individuen, in de literatuur vaak zogenaamde 'shy' (voorzichtige, behoudende) en 'bold' (ondernemende, brutale) individuen genoemd.

Elke schieraal krijgt bij nadering te maken met een opeenvolgende serie stimuli gerelateerd aan het gemaal: een in sterkte toenemend onnatuurlijk geluid, visuele prikkels bij het krooshek, van de verlichting ter plaatse en de ingang van het gemaal en fysiek contact bij de spijlen van het krooshek. Sommige individuen zullen in een eerder stadium en op grotere afstand van het gemaal een respons vertonen dan anderen. Het onderzoek uit 2009 en met de lampen uit laat zien dat een deel van de schieraal op deze serie prikkels gedragsresponsen laat zien: eerst veranderingen in zwem-mode; van vooruit zwemmend tot oprollen of tegen stroming in georiënteerd met de stroming mee laten drijven, en vervolgens terugkeergedrag waarbij tegen de stroming wordt gezwommen. De stroboscooplampen voegen hier duidelijk een extra prikkel aan toe die tot een gedragsrespons op afstanden groter dan enkele meters van het krooshek optreedt (waarschijnlijk resulterend in meer dan een factor 10 minder benaderingspogingen van alen van het krooshek). Hierdoor zal een geringer deel van het aanbod schieraal in het gemaal terecht komen dan zonder stroboscooplampen het geval is. Dat het percentage 'uit' zwemmende schieraal geringer is met lampen aan suggereert dat er minder schieralen tot bij de ingang van het gemaal geraken en onderschrijft daarmee het gevonden extra effect van stroboscooplampen. De DIDSON gegevens laten het echter niet toe om het overall effect op welk deel van het aanbod van schieraal in het gemaal terecht komt te kunnen bepalen omdat individuen niet in de tijd en ruimte gevolgd kunnen worden. Hierdoor kunnen benaderingspogingen van alen niet gekoppeld worden aan individuen. Hiervoor is een combinatie met telemetrie noodzakelijk. Als bijvoorbeeld hypothetisch gesteld enkele individuen tientallen malen opnieuw het krooshek benaderen, maar een groot aantal in één keer passeert, dan zal het percentage terugkeergedrag per benaderingspoging hoog zijn, maar zal de fractie van individuen die niet in het gemaal terecht komt desalniettemin klein zijn.

5.2 Verdeling van de alen in de spuikoker

Om te bepalen hoeveel schieralen via de spuikokers uittrekken zijn in 2007 en 2008 netbemonsteringen uitgevoerd in één spuikoker waarbij de benedenste meter boven de bodem van de spuikoker was afgedekt met een net (Kruitwagen et al., 2008 en 2009). Hierbij is toen de aanname gedaan dat de aal zich gelijk verdeelde over de waterkolom (6 meter hoge spuikoker). Met de DIDSON metingen in 2010 is gekeken of deze aanname juist was. De aantallen waargenomen alen over de vier meetdagen waren relatief gering (34 inzwemmende alen). De verdeling van deze alen over de verschillende diepteklassen suggereert dat in het midden iets grotere aantallen zwemmen dan langs de bodem of tegen het plafond, wat een logisch resultaat lijkt gezien de stroomsnelheden verdeling in de spuikoker. De aantallen over de geheel spuikoker lager een factor 1.7 hoger dan de diepteklasse 0-1 m boven de bodem. Maar door de geringe aantallen aal waarop deze berekeningen zijn uit gevoerd was het gevonden patroon niet significant. Het lijkt veilig om de aanname van gelijke verdeling over de waterkolom te veranderen in de aanname dat er tussen de 1.5 en 2 maal meer schieraal door de spuikoker trekt dan op basis van de aantallen gemeten bij 0-1 meter vanaf de bodem. Door logistieke beperkingen en meer turbulentie was het niet mogelijk om op de plaats waar in 2007 en 2008 de netvangsten zijn uitgevoerd (zeezijde schotbalkspanning) ook de DIDSON waarnemingen uit te voeren. Het is theoretisch mogelijk dat de verdeling van de aal over de diepte bij de instroomopening anders is dan waar indertijd de netvangsten zijn uitgevoerd, maar gezien de hoge stroomsnelheden en de relatief geringe turbulentie in de spuikoker zelf, lijkt dit scenario niet erg waarschijnlijk.

5.3 Visnet achter gemaal

Er is niet waargenomen dat vis van de zeezijde van het gemaal via de grote mazen of de ruimte naast het frame het net inzwemmen. De omstandigheden voor de DIDSON zijn niet optimaal omdat aan de stroomafwaartse zijde van het gemaal meer turbulentie optreedt. Daarnaast is maar gedurende een korte periode oriënterend gekeken met de DIDSON.

6. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Behermann-Godel, J. & R. Eckmann. 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 196–202.
- Dekker, W. 2009. De toestand van de Nederlandse aalstand en aalvisserij in 2009. IMARES rapport C098/09. 49 pp.
- Jansen, H.M., H.V. Winter, M.C.M. Bruijs & H. Polman. 2007. Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to discharge. *ICES Journal of marine Science* 64: 1437-1443.
- Keeken, O.A. van, D. Burggraaf, S.V. Tribuhl & H.V. Winter. 2010. Gedrag van schieraal rond het krooshek voor gemaal IJmuiden. DIDSON metingen. IMARES rapport C049/10. 34 pp.
- Kemp, P.S., M.H. Gessel & J.G. Williams. 2005. Fine-scale behavioral responses of Pacific salmonid smolts as they encounter divergence and acceleration of flow. *Transactions of the American Fisheries Society* 134:390–398.
- Kruitwagen G., G. Manshanden & H.V. Winter. 2008. Sterfte van schieraal door gemaal IJmuiden, onderzoeksjaar 2007. Inclusief registratie van visuitspoeling, Witteveen & Bos report RW 1664-7.
- Kunst, J.M., B. Spaargaren, T. Vriese, M. Kroes, C. Rutjes, E. van der Pouw Kraan & R.R. Jonker. 2008. Gemalen of vermalen worden, onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Grontmij & Visadvies rapport. 70 pp.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3d Edition. W.H. Freeman and Company, New York.
- Winter, H.V., H.M. Jansen & M.C.M. Bruijs. 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 221-228.
- Winter, H.V. 2009. Voorkomen en gedrag van trekvisen nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen. IMARES rapport C076/09. 57 pp.

Verantwoording

Rapport C072.11

Projectnummer: 4302101201

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: B. Couperus
Onderzoeker

Handtekening:

Datum: 15 juni 2011

Akkoord: Drs. J. Asjes
Hoofd Afdeling Vis

Handtekening:

Datum: 15 juni 2011